



Ελληνική Δημοκρατία
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό
Ίδρυμα Ηπείρου

Αρδεύσεις (Θεωρία)

Ενότητα 5 : Οι ανάγκες των φυτών σε νερό
Δρ. Μενέλαος Θεοχάρης



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



5.

Οι ανάγκες των φυτών σε νερό

5.1.Γενικά.

Τα φυτά, για να τραφούν, παίρνουν νερό από το έδαφος με τα ριζικά τους τριχίδια με την ακόλουθη τεχνική:

Το πρώτο κύτταρο του ριζικού τριχιδίου, το οποίο έρχεται σε επαφή με το εδαφικό νερό, επειδή έχει κυτταρικό χυμό πυκνότερο από το διάλυμα του εδαφικού νερού, απορροφά νερό από το έδαφος, με αυτό τον τρόπο όμως χάνει την ισορροπία του με το αμέσως επόμενο κύτταρο του φυτού.

Το επόμενο κύτταρο του φυτού, επειδή έχει κυτταρικό χυμό πυκνότερο από τον κυτταρικό χυμό του πρώτου κυττάρου, παίρνει από αυτό νερό και έτσι το πρώτο κύτταρο επειδή δεν μπορεί να ισορροπήσει το διάλυμα του κυτταρικού του χυμού με το διάλυμα του εδαφικού νερού, απορροφά συνεχώς νερό από το έδαφος. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται και στα επόμενα κύτταρα του φυτού.

Το φυτό, αφού συγκρατήσει τα αναγκαία για να ζήσει θρεπτικά συστατικά, αποβάλλει το νερό από τα φύλλα υπό μορφή υδρατμών.

Η αποβολή αυτή του νερού λέγεται **διαπνοή**. Τα φυτά αποβάλλουν με τη διαπνοή το 99,8 % του νερού, που απορροφούν με τις ρίζες και μόνο το 0,2 % χρησιμοποιούν για την δημιουργία ιστών τους.

Παράλληλα με τη διαπνοή των φυτών, λαμβάνει χώρα και εξάτμιση από την επιφάνεια του εδάφους της καλλιέργειας.

Με τον όρο **υδατοκατανάλωση**, των καλλιεργειών, νοείται η συνολική ποσότητα νερού, που χρησιμοποιείται για τη διαπνοή των φυτών, την εξάτμιση από τις επιφάνειες φυτών και εδάφους, καθώς και η ποσότητα που χρειάζεται για κατασκευή των ιστών και του κορμού των φυτών.

Με τον όρο **εξατμισοδιαπνοή**, (evapotranspiration) νοείται η ποσότητα του νερού, που καταναλώνεται στη διαπνοή των φυτών και στην εξάτμιση των υγρών μερών του φυτού και του εδάφους κατά τη διάρκεια μιας ορισμένης περιόδου.

Η διαπνοή, που είναι γενικά αποτέλεσμα βιολογικών διεργασιών, και η εξάτμιση, που είναι φυσικό φαινόμενο, αναφέρονται μαζί για ευκολία επειδή είναι δύσκολο να διαχωριστούν ποσοτικά.

Έρευνες των τελευταίων ετών οδήγησαν στο διαχωρισμό της εξάτμισης του εδάφους από τη διαπνοή. (Ritchie, 1974).

Η πραγματική διαπνοή συσχετίσθηκε με επιτυχία με παραμέτρους όπως το μέγεθος των φύλλων του φυτού, την εδαφική υγρασία και την δυναμική διαπνοή.

Όμως τέτοια διάκριση δεν γίνεται για όλους τους πρακτικούς σκοπούς όπου η εξατμισοδιαπνοή θεωρείται ενιαία μεταβλητή και ίση με την υδατοκατανάλωση.

5.2. Η εξάτμιση από τα εδάφη.

Όταν ο φρεάτιος ορίζοντας ευρίσκεται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, ή εξάτμιση από αυτή ισούται περίπου με την εξάτμιση από την ελεύθερη επιφάνεια νερού. Όταν όμως ο φρεάτιος ορίζοντας ταπεινώνεται, η εξάτμιση από την επιφάνεια του εδάφους μειώνεται, και γίνεται αμελητέα το εδαφικό νερό δεν μπορεί πλέον να φθάσει με την τριχοειδή ανύψωσή του μέχρι την επιφάνεια.

Όταν εφαρμόζεται άρδευση με κατάκλυση, σημαντικές ποσότητες νερού εξατμίζονται απ' ευθείας από την επιφάνεια του εδάφους, χωρίς προηγουμένως να περάσουν δια μέσου των ριζών, του βλαστού και του φυλλώματος των φυτών. Εάν επισυμβούν βροχοπτώσεις μικρού ύψους κατά την διάρκεια της περιόδου ανάπτυξης των φυτών, το μεγαλύτερο μέρος (αν όχι το σύνολο) του νερού παραμένει πάνω στα φύλλα φύλλων, από όπου στη συνέχεια εξατμίζεται χωρίς επίσης να περάσει δια μέσου των φυτών. Το νερό των βροχοπτώσεων, ύψους μικρότερου των 25 mm, σπάνια εισδύει σε επαρκές βάθος μέσα στο έδαφος, ώστε να καταστεί δυνατή η χρησιμοποίησή του από τα φυτά. Έτσι το νερό, που προέρχεται από τις βροχοπτώσεις μικρού ύψους ή από την εφαρμογή μικρών ποσοτήτων με άρδευση με καταιονισμό, ενδέχεται να μη χρησιμοποιηθεί για τη διαπνοή των φυτών.

Από την περαιτέρω εξέταση του θέματος προκύπτει ότι, παρά τα ανωτέρω, υπό κανονικές συνθήκες, το νερό που εξατμίζεται απ' ευθείας από το έδαφος ή την επιφάνεια των φύλλων, ασκεί ευεργετική επίδραση, διότι έτσι περιορίζονται αντίστοιχα οι ποσότητες οι οποίες διαφορετικά θα αποβάλλονταν από τα φυτά με τη διαπνοή τους.

Αυτό ισχύει με την προϋπόθεση ότι έχει πλήρως συμπληρωθεί η ανάπτυξη των φυτών. Κατά την αρχή, ή το τέλος της περιόδου ανάπτυξης των φυτών, οπότε η διαπνοή τους είναι περιορισμένη, ενδέχεται η εξάτμιση από την επιφάνεια του υγρού εδάφους να ξεπερνάει την εξατμισοδιαπνοή των καλλιεργειών.

Οι υφιστάμενες απόψεις, για την επίδραση των καλλιεργητικών εργασιών στο μέγεθος των ποσοτήτων νερού που εξατμίζονται απ' ευθείας από το έδαφος, εμφανίζουν πολλές διαφορές.

Από έρευνες που εκτελέστηκαν πρόσφατα, προέκυψαν σοβαρές αμφιβολίες σχετικά με την υποβολή της συγκράτησης του νερού στο έδαφος με την εξάπλωση πάνω στην επιφάνεια του εδάφους, προστατευτικής στρώσης από φυτικά υπολείμματα ή άλλα υλικά.

Η στρώση αυτή θεωρείται ότι συντελεί στον περιορισμό των απωλειών από εξάτμιση σε εδάφη, τα οποία δεν είναι υπερβολικά υγρά ή εμφανίζουν φρεάτιο ορίζοντα σε μικρό βάθος.

Ύστερα από νεωτέρες έρευνες, η διατύπωση γενικών συμπερασμάτων για την επίδραση των καλλιεργητικών εργασιών στις απώλειες από άμεση εξάτμιση από τα εδάφη πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή λόγω των πολλών μεταβλητών παραγόντων που υπεισέρχονται, όπως είναι η απόσταση των πηγών προέλευσης του νερού, το αρχικό ποσοστό υγρασίας των μη κορεσμένων με νερό εδαφών, η μηχανική σύσταση και η δομή των εδαφών και η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού.

5.3. Η διαπνοή

Ως διαπνοή νοείται η λειτουργία κατά την οποία αποβάλλονται από τα φυτά, και ιδιαίτερα από τα φύλλα τους, υδρατμοί προς τον ατμοσφαιρικό αέρα.

Κατά τη διάρκεια της περιόδου ανάπτυξης των φυτών παρατηρείται συνεχής κίνηση του νερού από το έδαφος προς τις ρίζες και στη συνέχεια προς το βλαστό και το φύλλωμα τους.

Η ταχύτητα του νερού που κινείται μέσα στα φύλλα ποικίλλει μεταξύ 0,30 και 1,20 m/h. Κάτω από συνθήκες όμως υψηλής θερμοκρασίας, ξηρής ατμόσφαιρας και πνοής ξηρού ανέμου, η ταχύτητα αυτή μπορεί να αυξηθεί σημαντικά.

Μικρό μόνο ποσοστό της υγρασίας, που απορροφάται από τις ρίζες, συγκρατείται από τα φυτά.

Εάν η αποβαλλόμενη ποσότητα νερού από τα φύλλα είναι μεγαλύτερη από την απορροφούμενη από τις ρίζες, η ανάπτυξη των φυτών παρεμποδίζεται και επέρχεται η μάρανση τους.

Εξ άλλου, όταν οι συνθήκες είναι τέτοιες ώστε να προκαλείται υπερβολική διαπνοή, το διαθέσιμο νερό δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο σύνολό του επωφελώς από τα φυτά.

Για τη μετατροπή ενός κυβικού εκατοστόμετρου νερού σε υδρατμό, κατά την αποβολή του από τα φύλλα προς την ατμόσφαιρα, απαιτούνται 590 θερμίδες. Έτσι η διαπνοή επιταχύνεται ή επιβραδύνεται, ανάλογα με το ποσό της διαθέσιμης θερμότητας, η οποία μπορεί να ληφθεί από το έδαφος ή από τον ατμοσφαιρικό αέρα ή ακόμα και από το ίδιο το φυτό.

Το μεγαλύτερο ποσοστό της θερμικής ενέργειας, η οποία χρησιμοποιείται για τη διαπνοή των φυτών, ακόμα και όταν αυτή συμβαίνει σε μικρά χρονικά διαστήματα, προέρχεται από την ηλιακή ακτινοβολία.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, για την ατμοποίηση δεδομένης ποσότητας νερού απαιτείται αντίστοιχο ποσό θερμότητας.

Εάν επομένως η διαθέσιμη θερμότητα χρησιμοποιείται για εξάτμιση από την επιφάνεια του εδάφους, αυτή δεν μπορεί να συντελέσει στην ατμοποίηση του νερού από τα στόματα των φύλλων των φυτών.

Έτσι η ποσότητα νερού που προέρχεται από βροχόπτωση μικρού ύψους, η οποία παραμένει στην επιφάνεια του εδάφους ή στα φύλλα, μπορεί να εξατμιστεί, αφού χρησιμοποιεί ολόκληρο το διαθέσιμο ποσό θερμότητας, με αποτέλεσμα την αντίστοιχη μείωση της διαπνοής των φυτών.

Έστω, για παράδειγμα, ότι κατά την ξηρή εποχή του έτους επισυνέβη βροχόπτωση ύψους 5 mm, ήτοι συγκρατήθηκε στο σύνολό της από τα φύλλα των αναπτυσσόμενων φυτών, ενώ η ημερήσια εξατμισοδιαπνοή ανερχόταν σε 12,5 mm.

Πειραματικά προσδιορίστηκε ότι η εξατμισοδιαπνοή πραγματοποιείται κυρίως την ημέρα. Έτσι, αν η διάρκεια της ημέρας ήταν 12 ώρες, έπεται ότι η μέση ωριαία εξατμισοδιαπνοή ισούται, για την εξεταζόμενη περίπτωση, με 1,042 mm. Γύρω στο μεσημέρι, η εξατμισοδιαπνοή έχει τιμή περίπου διπλάσια από τη μέση τιμή, ήτοι στην προκειμένη περίπτωση 2 mm.

Συνεπώς, ολόκληρη η ποσότητα νερού, που συγκρατήθηκε από την προηγούμενη βροχόπτωση ύψους 5 mm, μπορεί να εξατμισθεί μέσα σε 2,5 ώρες, κατά τη διάρκεια των οποίων αναστέλλεται η διαπνοή των φυτών.

Πολλές φορές δεν λαμβάνεται υπ' όψη το γεγονός ότι οι βροχοπτώσεις μικρού ύψους μπορούν να καλύψουν μέρος από την κανονική ημερησία εξατμισοδιαπνοή.

Η ευεργετική όμως επίδραση των υπόψη βροχοπτώσεων διαπιστώνεται εύκολα από την απλή παρατήρηση των συνθηκών αναζωογόνησης των φυτών τα οποία περιήλθαν σε προσωρινή μάρανση.

Πολλές φορές, οι βροχοπτώσεις ύψους μικρότερου του 10 mm δεν λαμβάνονται υπ' όψη στις μελέτες, διότι γίνεται η εσφαλμένη παραδοχή ότι το νερό πρέπει να εισχωρήσει μέσα στο �ιζόστρωμα των φυτών για να έχει επωφελή επίδραση στην ανάπτυξη αυτών.

Όταν όμως τα φυτά έχουν ήδη αναπτυχθεί πάνω από την επιφάνεια του εδάφους, η χορήγηση μικρής ποσότητας νερού από βροχόπτωση ή από άρδευση, έχει σαν αποτέλεσμα αντίστοιχη μείωση της υγρασίας, που απορροφάται από τις ρίζες, με την προϋπόθεση βέβαια ότι δεν πνέει ισχυρός άνεμος.

5.4. Η υδατοκατανάλωση της φυσικής βλάστησης

Η κατανάλωση νερού από την φυσική αυτοφυή βλάστηση συνεπάγεται αντίστοιχη μείωση των ποσοτήτων, οι οποίες μπορούν να διατεθούν στα καλλιεργούμενα φυτά.

Επομένως, η υδατοκατανάλωση των αυτοφυών φυτών, τα οποία αναπτύσσονται στις υγρές ή αρδευόμενες εκτάσεις, καθώς και κατά μήκος της κοίτης των ρευμάτων, έχει μεγάλη σπουδαιότητα για τον υπολογισμό των αναγκών σε νερό μίας περιοχής, και ιδιαίτερα κατά τις περιόδους ξηρασίας.

Η σημασία της κατανάλωσης νερού από τα μη παραγωγικά φυτά αναγνωρίζεται γενικά από τους επιφορτισμένους με τη διαχείριση και διανομή του αρδευτικού νερού διοικητικούς παράγοντες και επιστήμονες, ειδικότερα όταν επιδιώκεται ο καταμερισμός του νερού σε περισσότερες περιοχές και η ορθολογική και δίκαιη ικανοποίηση των διαφόρων απαιτήσεων.

Κατά τον προγραμματισμό των νέων αρδευτικών έργων, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στη μεταβολή της εξατμισοδιαπνοής, η οποία θα πραγματοποιηθεί στην περιοχή, που εξετάζεται κάθε φορά, ως συνέπεια της αντικατάστασης της φυσικής βλάστησης της από αρδευόμενες καλλιέργειες.

Η ανάπτυξη των διαφόρων αυτοφυών φυτών εξαρτάται από την ύπαρξη διαθέσιμης υγρασίας, που μπορεί να επαρκέσει για την ικανοποίηση των καταναλωτικών αναγκών τους.

Έτσι ενώ η φυσική επιλογή των διαφόρων ειδών επηρεάζεται σημαντικά από τις συνθήκες του περιβάλλοντος, η κατά την επιφάνεια επέκταση της βλάστησης τους στις αρδευόμενες περιοχές, είναι συνάρτηση της δυνατότητας εξεύρεσης από τα αυτοφυή φυτά της απαιτούμενης ποσότητας νερού για την ανάπτυξή τους.

Αλλά και άλλοι παράγοντες, όπως η θερμοκρασία, η υγρασία του εδάφους και οι φυσικές και χημικές ιδιότητές του, επιδρούν επίσης στην ανάπτυξη και κατανομή της φυσικής βλάστησης. Ο κυριότερος πάντως παράγοντας είναι το νερό.

Η ανάπτυξη της φυσικής βλάστησης συνεπάγεται κατανάλωση σημαντικών ποσοτήτων από τα διαθέσιμα νερά των διαφόρων περιοχών.

Από σχετικές μετρήσεις προέκυψε ότι τα υδρόφιλα αυτοφυή φυτά καταναλώνουν νερό κατά 50 έως 100 % περισσότερο από τις περισσότερες καλλιέργειες.

Μερικά από υπόψη φυτά αναπτύσσονται μέσα ή δίπλα στην κοίτη των διωρύγων και των τάφρων, και έτσι εκθέτονται κατά στενές λωρίδες στον ήλιο και τους ανέμους, με αποτέλεσμα να προκαλούν σημαντικότερη υδατοκατανάλωση.

Κάτω από τέτοιες συνθήκες, η κατά μήκος ενός χιλιομέτρου διώρυγας, ή τάφρου αναπτυσσόμενη φυσική βλάστηση είναι δυνατό να καταναλώσει ποσότητα νερού η οποία θα ήταν αρκετή για την άρδευση 2 έως 2,5 εκταρίων μηδικής ή και ακόμα μεγαλύτερης έκτασης με φυτά εκτεταμένης καλλιέργειας, ή οπωροφόρα δένδρα.

Η υδατοκατανάλωση των υδρόφιλων αυτοφυών φυτών είναι συνήθως ίση, ή και μεγαλύτερη από την εξάτμιση της ελεύθερης επιφάνειας του νερού.

5.5. Η εξατμισοδιαπνοή

Από την εξατμισοδιαπνοή εξαρτώνται όχι μόνο οι απαιτούμενες ποσότητες αρδευτικού νερού, ανεξάρτητα από την προέλευσή του, αλλά και γενικά η εφαρμογή των αρδεύσεων και η οικονομική ευστάθεια των έργων, που κατασκευάζονται για το σκοπό αυτό.

Έτσι, η πραγματοποιούμενη εξατμισοδιαπνοή, αποτελεί σημαντικότατο κριτήριο για την διευθέτηση των διαφορών, οι οποίες ανακύπτουν κατά την κατανομή των νερών των μεγάλων ποταμών, σε διάφορες περιοχές, ή κράτη.

Στις ξηρές και τις ημίξηρες περιοχές, πριν να επιχειρηθεί η εξασφάλιση της εκμετάλλευσης όλων των υδατικών πόρων που υπάρχουν, ενδείκνυται να εξετασθούν κατά προτεραιότητα οι ανάγκες εξατμισοδιαπνοής στις διάφορες επί μέρους εκτάσεις.

5.5.1. Ορισμός της εξατμισοδιαπνοής

Η εξατμισοδιαπνοή, είναι το άθροισμα των εξής δύο παραγόντων:

- Της διαπνοής, ήτοι της ποσότητας του νερού η οποία απορροφάται από τις ρίζες των φυτών και στη συνέχεια χρησιμοποιείται είτε για την διάπληση των ιστών των φυτών, είτε αποβάλλεται από το φύλλωμα στον ατμοσφαιρικό αέρα και
- Της εξάτμισης, η οποία εκφράζει την ποσότητα του νερού, που εξατμίζεται από το παρακείμενο έδαφος, από την ελεύθερη επιφάνεια των υδαταποθηκών, διωρύγων κλπ., και από την επιφάνεια των φύλλων των φυτών.

Το νερό, το οποίο παρέχεται από τις βροχοπτώσεις, από τη δροσιά, ή από την άρδευση με καταιονισμό, και στη συνέχεια εξατμίζεται χωρίς να περάσει μέσα από τα φυτά, αποτελεί ένα μέρος της εξατμισοδιαπνοής.

Η εξατμισοδιαπνοή είναι δυνατό να εκφράζει τις απαιτήσεις μίας καλλιέργειας, ενός αγροκτήματος, μίας περιοχής, ή και ολόκληρης πεδιάδας.

Όταν είναι γνωστή η εξατμισοδιαπνοή των καλλιεργειών, είναι δυνατό με ευκολία να υπολογιστεί η αντίστοιχη τιμή, που αφορά στις διάφορες εκτάσεις.

Έτσι, ο όρος εξατμισοδιαπνοή και η σχετική ανάπτυξη που γίνεται παρακάτω, αναφέρονται γενικά στις καλλιέργειες.

5.5.2. Παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή

Η εξατμισοδιαπνοή επηρεάζεται από φυσικούς και βιολογικούς παράγοντες.

i. Οι φυσικοί παράγοντες

α. Ηλιακή ακτινοβολία

Αφορά το ορατό φάσμα και τις υπέρυθρες και υπεριώδεις ακτινοβολίες, που φτάνουν στη γη από ήλιο. Τα κυριότερα αποτελέσματα της ηλιακής ακτινοβολίας είναι ότι δίνει την απαραίτητη ενέργεια για την εξάτμιση του νερού και τις βιολογικές διεργασίες της διαπνοής και φωτοσύνθεσης.

Από πειραματικές εργασίες έχει διαπιστωθεί ότι κατά την απουσία φωτός, τα στόματα των φύλλων κλείνουν με αποτέλεσμα να σταματά η διαπνοή κατά τη διάρκεια της νύχτας. Δεδομένου ότι κανένας από τους παράγοντες δεν μπορεί να έχει καμία επίδραση στη διαπνοή όταν τα στόματα είναι κλειστά, το φως καταλαμβάνει την πρώτη θέση μεταξύ των παραγόντων που επηρεάζουν τη διαπνοή. Χαρακτηριστικά ο Boussingault αναφέρει ότι από 1m² φυλλώματος στο σκοτάδι διαπνέονται 3,0 gr/h νερού, στη σκιά 8,0 gr/h και στον ήλιο 65,0 gr/h.

β. Θερμοκρασία

Η κατανάλωση του νερού από τα φυτά σε κάθε περιοχή επηρεάζεται από τη θερμοκρασία του εδάφους αλλά και της ατμόσφαιρας.

Χαμηλές θερμοκρασίες επιβραδύνουν την ανάπτυξη των φυτών και ασυνήθιστα υψηλές θερμοκρασίες μπορούν να προκαλέσουν ζημιές στις καλλιέργειες.

γ. Σχετική υγρασία του αέρα

Η χαμηλή σχετική υγρασία του αέρα αυξάνει την εξατμισοδιαπνοή, ενώ αντίθετα η υψηλή την μειώνει.

δ. Ταχύτητα του ανέμου

Μία ανεμόπληκτη περιοχή παρουσιάζει μεγάλη εξατμισοδιαπνοή σε σχέση με εκείνη που δεν είναι ανεμόπληκτη. Ξηροί και ζεστοί άνεμοι προκαλούν υψηλή εξατμισοδιαπνοή με αποτέλεσμα

την εξάντληση των αποθεμάτων της εδαφικής υγρασίας σε σύντομο χρονικό διάστημα και σχετικά μεγάλη συχνότητα αρδεύσεων.

ε. Γεωγραφικό πλάτος

Αν και δεν κατατάσσεται στους κλιματικούς παράγοντες, όμως έχει μεγάλη σχέση με το μήκος της ημέρας και συνεπώς με την εξατμισοδιαπνοή. Το καλοκαίρι η διάρκεια της ημέρας είναι μεγαλύτερη όσο αυξάνεται το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής.

Επειδή ο ήλιος είναι πηγή ενέργειας τόσο για την αύξηση των φυτών (φωτοσύνθεση) όσο και για την εξάτμιση και τη διαπνοή, οι ημέρες μεγάλης διάρκειας έχουν σαν αποτέλεσμα μεγαλύτερη εξατμισοδιαπνοή.

ii. Οι βιολογικοί παράγοντες

Εκτός από τους φυσικούς παράγοντες, που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή, σπουδαίο ρόλο επίσης παίζουν και οι βιολογικές καταστάσεις.

Πολλοί ερευνητές ασχολήθηκαν με τις βιολογικές καταστάσεις των φυτών και κατέστησαν προφανή την κριτική περίοδο των καλλιεργειών.

Ως κριτική περίοδος μίας καλλιέργειας νοείται η χρονική περίοδος κατά την οποία η καλλιέργεια παρουσιάζει τις μεγαλύτερες απαιτήσεις σε νερό και σε θρεπτικά στοιχεία.

Η κριτική περίοδος, ή κρίσιμη περίοδος άρδευσης, είναι διαφορετική από καλλιέργεια σε καλλιέργεια.

Στον πίνακα 2 δίνεται η κριτική περίοδος ορισμένων καλλιεργειών με βάση τα ερευνητικά στοιχεία του Ινστιτούτου Εγγείων Βελτιώσεων.

Πίνακας 4.2. Κριτική περίοδος διαφόρων καλλιεργειών

Καλλιέργεια	Κριτική περίοδος
Σιτάρι	Το προ του ξεσταχυάσματος 15θήμερο.
Καλαμπόκι	15 ημέρες προ και 15 ημέρες μετά από την εμφάνιση των αρρένων οργάνων.
Ζαχαρότευτλα	Η περίοδος ανάπτυξης της ρίζας.
Βαμβάκι	Ο προηγούμενος μήνας από την άνθιση.
Πατάτες	Η περίοδος Σχηματισμού των κονδύλων.
Ροδακινιές	Έξι εβδομάδες πριν από τη συγκομιδή.
Μηλιές	Από τις αρχές Ιουνίου μέχρι τη συγκομιδή.

5.5.3. Μετρήσεις της εξατμισοδιαπνοής

5.5.3.1. Άμεσες μετρήσεις της εξατμισοδιαπνοής.

Οι μέθοδοι, που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής, υποθέτουν ότι υπάρχει πάντοτε επαρκές διαθέσιμο νερό στο έδαφος, το οποίο καταναλώνεται με την εξατμισοδιαπνοή.

Συνήθως ως καλλιέργεια αναφοράς παίρνεται ο χλοοτάπητας.

Η δυναμική εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς είναι η εξατμισοδιαπνοή από μία επιφάνεια πλήρως καλυμμένη από χλοοτάπητα ομοιόμορφου ύψους 8 έως 15 cm, ελεύθερο από οποιαδήποτε ασθένεια, με επαρκές διαθέσιμο νερό για την ανάπτυξή του.

Προφανώς λόγω κυρίως των διαφορετικών αεροδυναμικών και ανακλαστικών χαρακτηριστικών των καλλιεργειών, η δυναμική εξατμισοδιαπνοή κάθε καλλιέργειας δεν είναι ίση με αυτή της καλλιέργειας αναφοράς.

Η δυναμική εξατμισοδιαπνοή της κάθε καλλιέργειας PE_Tc μπορεί να προβλεφτεί αν είναι γνωστή η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς, PE_T , πολλαπλασιασμένη με ένα φυτικό συντελεστή, K_c , ο οποίος χαρακτηρίζει την διαφορά των χαρακτηριστικών της καλλιέργειας από την καλλιέργεια αναφοράς.

Κατά καιρούς έχουν εφαρμοστεί διάφορες μέθοδοι για τη μέτρηση της ποσότητας του νερού, ή οποία καταναλώνεται από τα καλλιεργούμενα φυτά και από τη φυσική αυτοφυή βλάστηση.

Ανεξάρτητα από τη μέθοδο, που ακολουθείται, τα προβλήματα, που αντιμετωπίζονται κάθε φορά, είναι πολλά.

Η επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου για κάθε περίπτωση, μπορεί να γίνει ανάλογα με την προέλευση του νερού που χρησιμοποιείται από τα φυτά (βροχοπτώσεις, άρδευση, υπόγειος ορίζοντας ή και συνδυασμός αυτών).

Οι κυριότερες μέθοδοι είναι:

- Πειραματικές δεξαμενές και λυσιμετρικά δοχεία,
- Πειραματικοί αγροί,
- Μετρήσεις της υγρασίας του εδάφους,
- Ολοκληρωτική μέθοδος και
- Υπολογισμός εισροών - εκροών.

α. Πειραματικές δεξαμενές και λυσιμετρικά δοχεία

Η μέθοδος αυτή συνίσταται στη μέτρηση της εξατμισοδιαπνοής, η οποία πραγματοποιείται κατά την καλλιέργεια διαφόρων φυτών μέσα σε δεξαμενές, οι οποίες γεμίζονται με εδαφικό υλικό, που παίρνεται από τα κτήματα τα οποία πρόκειται να εξεταστούν.

Η μέτρηση αυτή της εξατμισοδιαπνοής μπορεί επίσης να γίνει και με λυσιμετρικά δοχεία.

Αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως για τη μέτρηση των ποσοτήτων του νερού που διηθούνται μέσα στο έδαφος και για τον προσδιορισμό των διαλυτών συστατικών που απομακρύνονται με την στράγγιση.

Η ακρίβεια των μετρήσεων, που εκτελούνται με τη μέθοδο αυτή, εξαρτάται από τη δυνατότητα επιτυχούς και πιστής αναπαράστασης των υφισταμένων φυσικών συνθηκών. Αποκλίσεις από την πραγματικότητα μπορούν να προκληθούν από τον περιορισμένο όγκο εδαφικού υλικού, που είναι

μέσα στις δεξαμενές, από το μέγεθος των δεξαμενών και τον τρόπο τροφοδότησης τους με νερό, και μερικές φορές και από την επίδραση του περιβάλλοντος.

Οι δεξαμενές πρέπει να εγκαθίστανται σε χωράφι που καλλιεργείται με τα ίδια φυτά, έτσι ώστε να βρίσκονται κάτω από τις ίδιες συνθήκες φυσικού περιβάλλοντος.

Έτσι μπορεί να θεωρηθεί ότι τα φυτά μέσα στις δεξαμενές πραγματοποιούν την ίδια εξατμισοδιαπνοή με αυτά που είναι έξω από αυτές, τα οποία βρίσκονται στο ίδιο στάδιο ανάπτυξης.

Με τον τρόπο αυτό εξουδετερώνεται η επίδραση του περιβάλλοντος στις μετρήσεις που γίνονται με την εξεταζόμενη μέθοδο.

Η εξατμισοδιαπνοή προσδιορίζεται επακριβέστερα με την ζύγιση των δεξαμενών. Αυτό όμως δεν είναι πάντοτε εύκολο.

Αποδείχτηκε πάντως ότι πετυχημένες μετρήσεις, που αντιστοιχούν σε διάφορα βάθη του φρεατίου ορίζοντα, μπορούν να γίνουν όταν η τροφοδότηση των δεξαμενών με νερό γίνεται διαμέσου δοχείου Mariotte. Γενικά θεωρείται ότι καλύτερα αποτελέσματα δίνουν οι δεξαμενές, οι οποίες είναι εφοδιασμένες με διπλά τοιχώματα. Από το δοχείο Mariotte δίνεται το νερό, που απαιτείται κάθε φορά για τη διατήρηση σταθερής στάθμης στον μεταξύ των δύο τοιχωμάτων της δεξαμενής διάκενο χώρο, ο οποίος επικοινωνεί με το περιεχόμενο έδαφος. Η καταναλισκόμενη ποσότητα νερού προσδιορίζεται με βάση τις αναγνώσεις της στάθμης στον ογκομετρικό σωλήνα του δοχείου Mariotte, που γίνονται μία φορά την ημέρα, ή την εβδομάδα.

Η αποτελεσματικότητα των δεξαμενών που είναι εφοδιασμένες με δοχείο Mariotte εξαρτάται από την ευχέρεια εκτέλεσης περιοδικών μετρήσεων της καταναλισκόμενης ποσότητας νερού, δεδομένου ότι το όλο σύστημα λειτουργεί αυτόματα.

β. Πειραματικοί αγροί

Η μέθοδος αυτή, που συνίσταται στη μέτρηση της εξατμισοδιαπνοής και το καθαρισμό σχετικών διαγραμμάτων με την εξέταση της υγρασίας του εδάφους, σε πειραματικούς αγρούς, δίνει περισσότερο αξιόπιστα αποτελέσματα από τις πειραματικές δεξαμενές, που περιγράφηκαν προηγούμενα.

Οι μετρήσεις, που εκτελούνται με τις υπόψη δεξαμενές, εμφανίζουν μερικές φορές αποκλίσεις από την πραγματικότητα, επειδή δεν μπορεί να επιτευχθεί μέσα σε αυτές πλήρης αναπαράσταση των χαρακτηριστικών του φυσικού εδάφους.

γ. Μέτρηση της υγρασίας του εδάφους

Η εξατμισοδιαπνοή μπορεί να προσδιοριστεί για διάφορες καλλιέργειες με συνεχείς και πολυάριθμες μετρήσεις της υγρασίας του εδάφους.

Η μέθοδος αυτή ενδείκνυται συνήθως για εκτάσεις με μάλλον ομοιόμορφο έδαφος και φρεάτιο ορίζοντα ο οποίος κείται σε αρκετό βάθος, ώστε να μην επηρεάζεται από αυτόν η διακύμανση της υγρασίας του εδάφους στο ριζόστρωμα των φυτών.

Η υγρασία του εδάφους προσδιορίζεται προ και μετά από κάθε άρδευση.

Επίσης γίνονται και μερικές μετρήσεις στο ενεργό ριζόστρωμα των φυτών κατά το διάστημα, που μεσολαβεί μεταξύ δύο αρδεύσεων.

Συνήθως απαιτείται η εκτέλεση πολλών μετρήσεων συγχρόνως για επίτευξη της επιθυμητής ακριβείας.

Για την κάθε περίοδο υπολογίζονται οι ημερησίως καταναλισκόμενες ποσότητες νερού και νομογραφούνται συναρτήσε του χρόνου.

Από την καμπύλη που καταρτίζεται με αυτό τον τρόπο, μπορεί να προσδιοριστεί εύκολα η εξατμισοδιαπνοή ολόκληρης της περιόδου.

δ. Ολοκληρωτική μέθοδος

Με τη μέθοδο αυτή η συνολική εξατμισοδιαπνοή υπολογίζεται ως άθροισμα των γινομένων της εξατμισοδιαπνοής στη μονάδα επιφάνειας, για κάθε κατηγορία χρήσης γαιών, επί την αντίστοιχη επιφάνεια.

Συγκεκριμένα, αθροίζονται τα γινόμενα:

- α) της ανά μονάδα επιφάνειας εξατμισοδιαπνοής της κάθε καλλιέργειας, επί την καλυπτόμενη από αυτή έκταση,
- β) της ανά μονάδα επιφάνειας εξατμισοδιαπνοής της φυσικής βλάστησης, επί την αντίστοιχη έκταση,
- γ) του ύψους εξάτμισης επί την επιφάνεια που καταλαμβάνεται από νερά,
- δ) του ύψους εξάτμισης από ακάλυπτες εκτάσεις, επί την επιφάνεια αυτών κλπ.

Για την επιτυχή εφαρμογή της μεθόδου αυτής απαιτείται η γνώση της επιφάνειας που καταλαμβάνεται από κάθε κατηγορίας χρήση γαιών, καθώς και η εξατμισοδιαπνοή στη μονάδα της κάθε επιφάνειας.

Το μέγεθος των διαφόρων επιφανειών μπορεί να προσδιοριστεί με τη βοήθεια αεροφωτοτοπογράφησης, ή και συνηθισμένης επίγειας αποτύπωσης.

ε. Υπολογισμός εισροών και εκροών

Η πραγματοποιούμενη σε κάποια περιοχή εξατμισοδιαπνοή ολόκληρο το έτος (12 μήνες) υπολογίζεται κατά τη μέθοδο αυτή από το τύπο:

$$U = (I + B) + (G_s - G_e) - P$$

όπου: I = η συνολική ποσότητα νερού που εισρέει στην περιοχή.

B = ο συνολικός όγκος βροχοπτώσεων και λοιπών ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων.

G_s και G_e = ο συνολικός όγκος του νερού που περιέχεται στο έδαφος, στην αρχή και το τέλος του έτους αντίστοιχα.

P = η συνολική ποσότητα νερού που απορρέει από την περιοχή.

Όλες οι παραπάνω ποσότητες νερού πρέπει να εκφράζονται με την ίδια μονάδα όγκου.

Η διαφορά των ποσοτήτων νερού, που περιέχονται στο έδαφος υπό μορφή τριχοειδούς νερού στην αρχή και στο τέλος του έτους, θεωρείται συνήθως αμελητέα.

Επίσης θεωρείται ότι η ετήσια εισροή και εκροή υπογείων νερών είναι περίπου ίσες.

Τέλος, προϋποτίθεται ότι οι μετρήσεις της παροχής των διαφόρων ρευμάτων εκτελούνται σε θέσεις, όπου η διατομή τους παραμένει σταθερή και αναλλοίωτη.

Στην προκειμένη περίπτωση δεν ενδιαφέρει η γνώση κάθε μίας από τις ποσότητες G_s και G_e , αλλά μόνο της διαφοράς τους, η οποία και εισάγεται στην εξίσωση.

Η διαφορά αυτή εκφράζεται με το γινόμενο της έκτασης της περιοχής, επί την διαφορά του μέσου βάθους του φρεατίου ορίζοντος στην αρχή και στο τέλος του έτους, και επί την διαφορά του πορώδους μείον την υδατοϊκανότητα του εδάφους, αμφοτέρων εκφρασμένων σε ποσοστά του συνολικού όγκου του εδάφους.

Η ποσότητα Β υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας το μέσο ετήσιο ύψος βροχής επί τη συνολική έκταση της περιοχής.

Η εξατμισοδιαπνοή στη μονάδα επιφάνειας, προκύπτει από την διαίρεση της συνολικής εξατμισοδιαπνοής δια την έκταση της περιοχής.

5.5.3.2. Έμμεσες μετρήσεις της εξατμισοδιαπνοής

Πολλοί ερευνητές μελέτησαν την επίδραση της θερμοκρασίας, της υγρασίας του αέρα, της τάσης των υδρατμών, της ταχύτητας του ανέμου και της ηλιακής ακτινοβολίας πάνω στην εξατμισοδιαπνοή.

Στην Αγγλία, ο H. Penman έκανε την πληρέστερη ανάλυση του θέματος, βασιζόμενος σε διάφορες μεταβλητές κλιματικών παραγόντων.

Επίσης, οι έρευνες του C. Thornthwaite στις υγρές περιοχές των ανατολικών Ηνωμένων Πολιτειών, των R. Lowry και A. Johnson και των H. Blaney και W. Criddle στις ξηρές περιοχές των δυτικών Ηνωμένων Πολιτειών, βασίστηκαν κυρίως στην επίδραση της μεταβολής της θερμοκρασίας στην εξατμισοδιαπνοή.

α. Η τροποποιημένη μέθοδος του Penman

Ο H. L. Penman εκτέλεσε την πληρέστερη θεωρητική διερεύνηση του θέματος, από την οποία προκύπτει ότι η υδατοκατανάλωση ευρίσκεται σε άμεση εξάρτηση με την απορροφούμενη ηλιακή ενέργεια.

Η δυναμική εξατμισοδιαπνοή της κάθε καλλιέργειας ET_c μπορεί να προβλεφτεί αν είναι γνωστή η εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας αναφοράς, ET_r , πολλαπλασιασμένη με ένα φυτικό συντελεστή, K_c , ο οποίος χαρακτηρίζει την διαφορά των χαρακτηριστικών της καλ-λιέργειας από την καλλιέργεια αναφοράς.

Ο τύπος του Penman δίνει τη δυναμική εξατμισοδιαπνοή (υδατοκατανάλωση) ως ακολούθως:

$$ET_c = K_c \cdot ET_r$$

όπου: ET_c = η δυναμική εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας, σε mm/ημέρα.

K_c = φυτικός συντελεστής και

ET_r = η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς, ή βασική εξατμισοδιαπνοή σε mm/ημέρα.

$$\text{Είναι: } ET_r = C \cdot [W \cdot R_n + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (e_a - e_d)] \text{ mm/ημέρα.}$$

Για να υπολογιστεί επομένως τη δυναμική εξατμισοδιαπνοή, με την τροποποιημένη μέθοδο του Penman, πρέπει προηγουμένως να υπολογιστούν τα K_c και ET_r .

α.1. Οι φυτικοί συντελεστές των καλλιεργειών.

α.1.1. Βλαστική περίοδος και στάδια ανάπτυξης των ετήσιων καλλιεργειών

i. Καλαμπόκι

Ποικιλίες καλαμποκιού με πλήρη βιολογικό κύκλο σπέρνονται στα πεδινά από 15 Απριλίου έως 5 Μαΐου και συγκομίζονται από 5 έως 20 Σεπτεμβρίου. Στα ορεινά η σπορά γίνεται 10 - 15 ημέρες αργότερα.

Η διάρκεια της βλαστικής περιόδου είναι 150 ημέρες και τα στάδια ανάπτυξης είναι τέσσερα, τα εξής:

1₀ στάδιο: 25 ημέρες,

2₀ στάδιο: 40 ημέρες,

3₀ στάδιο: 60 ημέρες και

4₀ στάδιο: 25 ημέρες.

ii. Βαμβάκι

Καλλιεργείται μόνο στα πεδινά και η ιδανική ημερομηνία σποράς είναι η 20η Απριλίου, που μπορεί να παραταθεί μέχρι 15 Μαΐου. Συγκομιδή από 1 έως 20 Σεπτεμβρίου, που μπορεί να παραταθεί μέχρι το πρώτο δεκαπενθήμερο του Νοεμβρίου. Η διάρκεια της βλαστικής περιόδου είναι 160 ημέρες και τα στάδια ανάπτυξης είναι τέσσερα, τα εξής:

1₀ στάδιο: 30 ημέρες,

2₀ στάδιο: 60 ημέρες,

3₀ στάδιο: 45 ημέρες και

4₀ στάδιο: 25 ημέρες.

iii. Βιομηχανική ντομάτα

Στα πεδινά μεταφυτεύεται στο χωράφι από 15 Απριλίου μέχρι 5 Μαΐου και συγκομίζονται από 5 Αυγούστου. Η διάρκεια της βλαστικής περιόδου είναι 115 ημέρες και τα στάδια ανάπτυξης είναι τέσσερα, τα εξής:

1₀ στάδιο: 25 ημέρες,

2₀ στάδιο: 35 ημέρες,

3₀ στάδιο: 35 ημέρες και

4₀ στάδιο: 20 ημέρες.

iv. Ζαχαρότευτλα

Η σπορά γίνεται, ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες από 1 Μαρτίου μέχρι 30 Απριλίου. Συγκομιδή γίνεται όταν τα τεύτλα φτάσουν στη μέγιστη περιεκτικότητα σε σάκχαρο. Η διάρκεια της βλαστικής περιόδου είναι 160 ημέρες και τα στάδια ανάπτυξης είναι τέσσερα, τα εξής:

1₀ στάδιο: 25 ημέρες,

2₀ στάδιο: 25 ημέρες,

3₀ στάδιο: 90 ημέρες και

4₀ στάδιο: 10 ημέρες.

α.1.2. Οι φυτικοί συντελεστές

Στους πίνακες που ακολουθούν δίνονται οι τιμές των φυτικών συντελεστών για τις ετήσιες καλλιέργειες και για τους οπωρώνες - αμπελώνες.

Πίνακας 4.3. Τιμές του φυτικού συντελεστή, K_c , για ετήσιες καλλιέργειες.

Καλλιέργεια	Στάδιο ανάπτυξης			
	1 ₀	2 ₀	3 ₀	4 ₀
Καλαμπόκι	0,35	0,60	0,85	0,40
Βαμβάκι	0,30	0,60	0,90	0,45
Βιομηχανική ντομάτα	0,40	0,65	0,85	0,40
Ζαχαρότευτλα	0,35	0,60	0,85	0,70
Μηδική	Μέσος Συντελεστής: 0,85			

Πίνακας 4.4. Τιμές του φυτικού συντελεστή, K_c , για οπωρώνες και αμπελώνες.

Καλλιέργεια	Μήνας						
	Απρ	Μαΐ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ
Αχλαδιά							
Βερικοκιά							
Δαμασκηλιά	----	0,45	0,50	0,80	0,65	0,60	----
Ροδακινιά							
Φιστικιά							
Καρυδιά							
Κερασιά	----	0,45	0,65	0,80	0,65	0,60	----
Μηλιά							
Εσπεριδοειδή	0,55	0,50	0,50	0,50	0,50	0,60	0,80
Αμπελώνες	----	0,30	0,35	0,50	0,45	0,35	----
Ελαιώνες	----	0,25	0,35	0,45	0,45	0,30	----

α.2. Η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς, ή βασική εξατμισοδιαπνοή.

Ο υπολογισμός της E_T , ακολουθεί την επόμενη διαδικασία:

α. Με βάση τη μέση θερμοκρασία και το υψόμετρο της εξεταζόμενης περιοχής, υπολογίζεται από τον πίνακα 5 η τιμή του συντελεστή W , που αντιπροσωπεύει την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας στη βασική εξατμισοδιαπνοή.

Υπολογίζεται επίσης το $1 - W$, που αντιπροσωπεύει την επίδραση του ανέμου και της υγρασίας στη βασική εξατμισοδιαπνοή.

β. Υπολογίζεται η θεωρητική ηλιακή ακτινοβολία R_a , ως συνάρτηση του μήνα και του γεωγραφικού πλάτους, από τον πίνακα 6.

γ. Υπολογίζεται από τον πίνακα 7 η μέση θεωρητική ηλιοφάνεια N , που αντιστοιχεί στο μήνα και το γεωγραφικό πλάτος.

δ. Η πραγματική ηλιοφάνεια n παίρνεται από τον πίνακα 15.

ε. Υπολογίζεται η πραγματική ηλιακή ακτινοβολία R_s (εκφρασμένη σε ισοδύναμο ύψος εξατμιζόμενου νερού) από τη σχέση:

$$R_s = R_a \cdot \left[0,25 + 0,50 \cdot \left(\frac{n}{N} \right) \right] \text{ mm/ημέρα.}$$

στ. Από τη σχέση $R_{ns} = 0,75 R_s$ (mm/ημέρα), ευρίσκεται η καθαρή μικρού μήκους ακτινοβολία που απομένει μετά την ανάκλαση μέρους της R_s προς το περιβάλλον.

ζ. Από τον πίνακα 8 υπολογίζεται η ποσότητα $f(T) = \sigma (273 + T)^4$, mm/ημέρα, όπου $\sigma = 1,9867 \cdot 10^{-9}$ και T = η θερμοκρασία του αέρα σε βαθμούς Κελσίου.

η. Από τον πίνακα 9 υπολογίζεται η πίεση κορεσμού των υδρατμών e_a και από τη σχέση: $e_d = e_a \cdot RH_{\min}$, όπου RH_{\min} είναι η μέση σχετική υγρασία του αέρα %, η οποία παίρνεται από τον πίνακα 10.

θ. Υπολογίζεται το $f(e_d)$ από τη σχέση: $f(e_d) = 0,34 - 0,044 (e_d)^{1/2}$

ι. Υπολογίζεται το $f(n/N) = 0,1 + 0,9 (n/N)$.

ια. Από τη σχέση $R_{nl} = f(T) \cdot f(e_d) \cdot f(n/N)$, mm/ημέρα, υπολογίζεται η R_{nl} που είναι η καθαρή μεγάλου μήκους ηλιακή ακτινοβολία και αντιπροσωπεύει τη διαφορά της ενέργειας που ακτινοβολεί η γη προς το περιβάλλον και αυτής που δέχεται η γη από το περιβάλλον ως ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος.

ιβ. Υπολογίζεται η $R_n = R_{ns} - R_{nl}$ που είναι η καθαρή ηλιακή ακτινοβολία εκφρασμένη σε ισοδύναμο ύψος νερού (mm/ημέρα).

ιγ. Υπολογίζεται το $u_z = u_2 \cdot \left(\frac{2}{z} \right)^{0,2}$ όπου z είναι το υψόμετρο και u_2 η ταχύτητα του ανέμου

στο υψόμετρο z .

ιδ. Υπολογίζεται η συνάρτηση $f(u)$ που αντιπροσωπεύει την επίδραση του ανέμου στην εξατμισοδιαπνοή, από τη σχέση

$$F(u) = 0,27 \cdot \left(1 + \frac{u_2}{100} \right)$$

στην οποία το u_2 εκφράζεται σε km/day.

ιε. Υπολογίζεται από τον πίνακα 11 το συντελεστή C ως συνάρτηση του R_s , του RH_{\max} , του $u_2 = u_d$ και του λόγου u_d/u_n όπου u_n είναι η ταχύτητα του ανέμου τη νύχτα σε m/sec και u_d η ταχύτητα του ανέμου την ημέρα.

ιστ. Τέλος από τη σχέση: $E_{Tr} = C [W \cdot R_n + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (e_a - e_d)]$ υπολογίζεται η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς.

Πίνακας 5. Τιμές του σταθμιστικού παράγοντα W , που αντιπροσωπεύει την επίδραση της R_s στην E_{Tr} , για διάφορες θερμοκρασίες και υψόμετρα.

Θερμοκρασία °C	Υψόμετρο (m)				Θερμοκρασία °C	Υψόμετρο (m)			
	0	500	1000	2000		0	500	1000	2000
2	0,43	0,45	0,46	0,49	22	0,71	0,72	0,73	0,75
4	0,46	0,48	0,49	0,52	24	0,73	0,74	0,75	0,77
6	0,49	0,51	0,52	0,55	26	0,75	0,76	0,77	0,79
8	0,52	0,54	0,55	0,58	28	0,77	0,78	0,79	0,81
10	0,55	0,57	0,58	0,61	30	0,78	0,79	0,80	0,82
12	0,58	0,60	0,61	0,64	32	0,80	0,81	0,82	0,84
14	0,61	0,62	0,64	0,66	34	0,82	0,82	0,84	0,85
16	0,64	0,65	0,66	0,69	36	0,83	0,84	0,85	0,86
18	0,66	0,67	0,69	0,71	38	0,84	0,85	0,86	0,87
20	0,68	0,70	0,71	0,73	40	0,85	0,86	0,87	0,88

Πίνακας 6. Θεωρητική ηλιακή ακτινοβολία, R_a , κατά μήνα και γεωγραφικό πλάτος.

Μήνας	Βόρειο Γεωγραφικό Πλάτος					
	32 ⁰	34 ⁰	36 ⁰	38 ⁰	40 ⁰	42 ⁰
Ιανουάριος	8,3	7,9	7,4	6,9	6,4	5,9
Φεβρουάριος	10,2	9,8	9,4	9,0	8,6	8,1
Μάρτιος	12,8	12,4	12,1	11,8	11,4	11,0
Απρίλιος	15,0	14,8	14,7	14,5	14,3	14,0
Μάιος	16,5	16,5	16,4	16,4	16,4	16,2
Ιούνιος	17,0	17,1	17,2	17,2	17,3	17,3
Ιούλιος	16,8	16,8	16,7	16,7	16,7	16,7
Αύγουστος	15,6	15,5	15,4	15,3	15,2	15,0
Σεπτέμβριος	13,6	13,4	13,1	12,8	12,5	12,2
Οκτώβριος	11,2	10,8	10,6	10,0	9,6	9,1
Νοέμβριος	9,0	8,5	8,0	7,5	7,0	6,5
Δεκέμβριος	7,8	7,2	6,6	6,1	5,7	5,2

Πίνακας 7. Μέση θεωρητική ηλιοφάνεια, N , κατά μήνα και γεωγραφικό πλάτος.

Μήνας	Βόρειο Γεωγραφικό Πλάτος					
	32 ⁰	34 ⁰	36 ⁰	38 ⁰	40 ⁰	42 ⁰
Ιανουάριος	10,3	10,2	10,0	9,8	9,6	9,4
Φεβρουάριος	11,3	11,0	10,9	10,8	10,7	10,6
Μάρτιος	12,0	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9
Απρίλιος	13,0	13,1	13,1	13,2	13,3	13,4
Μάιος	13,8	13,9	14,1	14,3	14,4	14,6
Ιούνιος	14,2	14,4	14,6	14,8	15,0	15,2
Ιούλιος	14,1	14,2	14,4	14,6	14,7	14,9
Αύγουστος	13,3	13,4	13,5	13,6	13,7	13,9

Σεπτέμβριος	12,4	12,4	12,4	12,5	12,5	12,6
Οκτώβριος	11,4	11,3	11,3	11,2	11,2	11,1
Νοέμβριος	10,5	10,4	10,2	10,1	10,0	9,8
Δεκέμβριος	10,0	9,9	9,7	9,5	9,3	9,1

Πίνακας 8. Τιμές της σχέσης $f(T) = \sigma (273 + T)^4$

Θερμοκρα- σία °C	$\sigma (273 + T)^4$ mm/day	Θερμοκρα- σία °C	$\sigma (273 + T)^4$ mm/day	Θερμοκρα- σία °C	$\sigma (273 + T)^4$ mm/day	Θερμοκρα- σία °C	$\sigma (273 + T)^4$ mm/day
-3	10,73	10	12,74	21	14,84	32	17,19
0	11,03	11	12,92	22	15,05	33	17,42
1	11,20	12	13,10	23	15,25	34	17,65
2	11,36	13	13,29	24	15,46	35	17,88
3	11,53	14	13,48	25	15,67	36	18,11
4	11,70	15	13,67	26	15,88	37	18,35
5	11,87	16	13,86	27	16,09	38	18,59
6	12,04	17	14,05	28	16,31	39	18,82
7	12,21	18	14,25	29	16,53	40	19,07
8	12,39	19	14,44	30	16,75	41	19,31
9	12,56	20	14,64	31	16,97	42	19,56

Πίνακας 9. Πίεση κορεσμού των υδρατμών, e_a , για διάφορες θερμοκρασίες του αέρα, σε mbar.

Θερμοκρασία °C	e_a mbar	Θερμοκρασία °C	e_a mbar	Θερμοκρασία °C	e_a mbar	Θερμοκρασία °C	e_a mbar
0	6,1	10	12,3	20	23,4	30	42,4
1	6,6	11	13,1	21	24,9	31	44,9
2	7,1	12	14,0	22	26,4	32	47,6
3	7,6	13	15,0	23	28,1	33	50,3
4	8,1	14	16,0	24	29,8	34	53,2
5	8,7	15	17,1	25	31,7	35	56,2
6	9,3	16	18,2	26	33,6	36	59,4
7	10,0	17	19,4	27	35,7	37	62,8
8	10,7	18	20,6	28	37,8	38	66,3
9	11,5	19	22,0	29	40,1	39	69,9

Πίνακας 10. Μέση σχετική υγρασία και μέση μέγιστη σχετική υγρασία διαφόρων περιοχών της Ελλάδας (κατά προσέγγιση)

Πόλεις	RH _{min} (%)	Rh _{max} (%)	Πόλεις	RH _{min} (%)	Rh _{max} (%)
Αγρίνιο	45	80	Κιλκίς	40	80
Αθήνα	36	75	Κοζάνη	40	85
Αλεξ/πολη	40	85	Κομοτηνή	40	80
Αργοστόλι	45	80	Κόρινθος	45	75
Άρτα	50	80	Λαμία	40	85
Βόλος	55	85	Λάρισα	40	85
Δράμα	45	88	Λιβαδειά	40	85
Έδεσσα	55	90	Μεσολόγγι	45	90
Ηράκλειο	53	75	Μυτιλήνη	45	85
Θεσ/νίκη	42	83	Νάουσα	50	85

Θήβα	40	85	Μυτιλήνη	45	85
Ιωάννινα	40	90	Ξάνθη	40	80
Καβάλα	48	95	Ορεστιάδα	48	85
Καλαμάτα	50	85	Πάτρα	46	75
Καρδίτσα	40	85	Πρέβεζα	61	85
Καστοριά	55	90	Πύργος	45	75
Κατερίνη	55	80	Ρόδος	45	85
Κέρκυρα	54	80	Σέρρες	50	88
Κιλκίς	40	80	Σπάρτη	50	80
Κοζάνη	40	85	Τρίκαλα	40	85
Κομοτηνή	40	80	Τρίπολη	35	85
Κόρινθος	45	75	Φλώρινα	50	88
Λαμία	40	85	Χαλκίδα	40	85
Λάρισα	40	85	Χανιά	52	78
Λιβαδειά	40	85	Χίος	40	80
Μεσολόγγι	45	90			

Όπως διαπιστώνεται, ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς με τη μέθοδο Penman, είναι απλός, απαιτεί όμως αρκετά στατιστικά δεδομένα τα οποία πολλές φορές είναι δύσκολο να συλλεχτούν.

β. Η μέθοδος των Blaney - Criddle

Οι Blaney-Criddle κατάρτισαν απλουστευμένους τύπους για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής, η εφαρμογή των οποίων δεν απαιτεί την συλλογή μεγάλου αριθμού στατιστικών και μετεωρολογικών στοιχείων και αυτός είναι ο λόγος που κατά το παρελθόν είχαν επικρατήσει αυτοί οι τύποι στην Ελλάδα.

Η μέθοδος των Blaney-Criddle αναπτύχθηκε με δύο μορφές, την τροποποιημένη και την απλοποιημένη.

β.1. Η τροποποιημένη μέθοδος των Blaney - Criddle.

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή είναι:

$$ET_c = K_c \cdot ET_r.$$

$ETr = a + b \cdot F$ mm/ημέρα.

όπου: $F = (0,46 T + 8,16) \cdot (P: \mu)$.

$$a = 0,0043 (RH_{\min}) - (n/N) - 1,41$$

T = η μέση θερμοκρασία του αέρα σε °C, που παίρνεται από τον πίνακα 12.

P = μηνιαίο ποσοστό διάρκειας των ωρών ημέρας σε εκατοστά του συνόλου των ωρών ημέρας του έτους, που παίρνεται από τον πίνακα 14.

μ = ο αριθμός ημερών του μελετώμενου μήνα.

RH_{\min} = η ελάχιστη σχετική υγρασία του αέρα %, που παίρνεται από τον πίνακα 10.

N = η θεωρητική ηλιοφάνεια σε h / ημέρα, που παίρνεται από τον πίνακα 7.

n = η πραγματική ηλιοφάνεια σε h/ ημέρα η οποία παίρνεται από τον πίνακα 15.

b = συντελεστής, που παίρνεται από τον πίνακα 16, ως συνάρτηση του RH_{\min} , του n/N και του $u_d = u_2$, που είναι η ταχύτητα του ανέμου 2 m πάνω από την επιφάνεια του εδάφους σε m/s.

Και στην τροποποιημένη μέθοδο των Blaney - Criddle, ο φυτικός συντελεστής K_c παίρνεται από τους ίδιους αναλυτικούς πίνακες που χρησιμοποιούνται για τη μέθοδο του Penman.

Πίνακας 11. Συντελεστής C, ως συνάρτηση του R_s , του $R_{h_{max}}$, του $u_d = u_2$ και του λόγου u_d/u_n .

u_d m/sec	$R_{h_{max}} = 30 \%$				$R_{h_{max}} = 60 \%$				$R_{h_{max}} = 90 \%$			
	Πραγματική ηλιακή ακτινοβολία, R_s , σε mm/ ημέρα											
	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12
1. $u_d/u_n = 1,0$												
0	0,86	0,90	1,00	1,00	0,96	0,98	1,05	1,05	1,02	1,06	1,10	1,10
3	0,64	0,71	0,82	0,89	0,78	0,86	0,95	0,99	0,85	0,92	1,01	1,05
6	0,43	0,53	0,68	0,79	0,62	0,70	0,84	0,93	0,72	0,82	0,95	1,00
9	0,27	0,41	0,59	0,70	0,50	0,60	0,75	0,87	0,62	0,72	0,87	0,96
2. $u_d/u_n = 2,0$												
0	0,86	0,90	1,00	1,00	0,96	0,98	1,05	1,05	1,02	1,06	1,10	1,10
3	0,69	0,76	0,85	0,92	0,83	0,91	0,99	1,05	0,99	0,98	1,10	1,14
6	0,53	0,61	0,74	0,84	0,70	0,80	0,94	1,02	0,79	0,92	1,05	1,12
9	0,37	0,48	0,65	0,76	0,59	0,70	0,84	0,95	0,71	0,81	0,96	1,06
3. $u_d/u_n = 3,0$												
0	0,86	0,90	1,00	1,00	0,96	0,98	1,05	1,05	1,02	1,06	1,10	1,10
3	0,76	0,81	0,88	0,94	0,87	0,96	1,06	1,12	0,94	1,04	1,18	1,28
6	0,61	0,68	0,81	0,88	0,77	0,88	1,02	1,10	0,86	1,01	1,15	1,22
9	0,46	0,56	0,72	0,82	0,67	0,79	0,88	1,05	0,78	0,92	1,06	1,18
4. $u_d/u_n = 4,0$												
0	0,86	0,90	1,00	1,00	0,96	0,98	1,05	1,05	1,02	1,06	1,10	1,10
3	0,79	0,84	0,92	0,97	0,92	1,00	1,11	1,19	0,99	1,10	1,27	1,32
6	0,68	0,77	0,87	0,93	0,85	0,96	1,11	1,19	0,94	1,10	1,26	1,33
9	0,55	0,65	0,78	0,90	0,76	0,88	1,02	1,14	0,88	1,01	1,16	1,27

Πίνακας 12. Μέση μηνιαία και ετήσια θερμοκρασία του αέρα σε °C (Συντελεστής T).

Πόλεις	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαΐ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Έτος
Αργίνιο	8,8	8,5	11,4	14,9	19,5	23,8	25,6	26,2	22,9	18,3	14,3	10,5	17,0
Αθήνα	9,8	10,5	11,9	15,9	20,7	24,9	27,4	27,6	23,8	19,0	15,9	12,0	18,0
Αλεξ/πολη	4,8	6,2	7,8	12,3	6,9	21,0	23,8	24,0	20,3	15,5	11,9	7,4	14,3
Αργοστόλι	11,5	11,7	12,9	15,5	19,4	23,2	25,4	26,0	23,3	19,7	16,4	13,1	18,2
Άρτα	9,2	9,8	11,7	15,6	19,6	23,1	26,0	26,4	23,0	18,3	14,5	9,9	17,0
Βόλος	8,0	9,6	11,2	15,2	19,6	23,4	25,8	25,8	22,3	18,0	14,6	10,0	17,0
Δράμα	3,7	6,0	9,0	13,9	16,9	22,8	24,9	25,0	20,9	15,6	10,7	5,6	14,8
Έδεσσα	3,5	5,3	8,1	13,3	18,1	22,0	24,4	24,6	19,8	14,5	10,2	5,5	14,1
Ηράκλειο	12,2	12,7	13,8	16,5	20,2	24,0	25,9	25,0	23,9	19,8	17,3	14,2	18,8
Θεσ/νίκη	5,4	7,7	9,0	14,1	19,0	23,1	25,5	25,7	21,8	16,8	12,5	7,5	15,7
Θήβα	9,8	10,5	12,0	16,0	21,1	25,2	27,2	27,4	23,9	19,5	16,0	12,0	18,4
Ιωάννινα	5,0	5,9	8,4	12,3	16,5	20,3	22,7	23,1	19,7	14,8	10,4	6,9	14,8
Καβάλα	3,8	5,7	7,7	12,2	16,8	20,6	22,5	22,8	19,1	14,2	10,4	5,8	14,0
Καλαμάτα	11,4	11,6	12,7	15,2	18,8	22,6	24,9	25,3	23,0	19,7	16,4	13,1	18,7
Καρδίτσα	5,4	7,7	9,8	14,9	19,6	24,2	26,3	26,8	22,1	16,8	12,4	7,1	16,1
Καστοριά	1,7	3,4	6,3	11,3	15,7	19,5	22,0	22,4	18,5	13,2	9,1	3,8	12,2
Κατερίνη	7,9	9,0	10,5	15,6	20,4	24,7	26,9	26,8	22,9	18,0	14,4	9,8	17,2
Κέρκυρα	9,7	11,6	12,7	15,2	18,8	22,6	24,9	25,3	23,0	19,7	16,4	13,1	18,2
Κυκίς	3,5	5,3	8,1	13,3	18,1	22,0	24,4	24,6	19,8	14,5	10,2	5,5	14,1
Κοζάνη	1,7	3,4	6,3	11,3	15,7	19,5	22,0	22,4	18,5	13,2	9,1	3,8	12,2
Κομοτηνή	5,2	6,4	8,2	12,8	17,6	21,5	24,3	24,1	20,2	15,4	11,7	7,3	14,6
Κόρινθος	9,8	10,5	11,9	15,9	20,7	24,9	27,4	27,6	23,8	19,0	15,9	12,0	18,0
Λαμία	7,9	9,0	10,5	15,6	20,4	24,7	26,9	26,8	22,9	18,0	14,4	9,8	17,2
Λάρισα	5,1	6,9	8,9	13,3	18,2	22,8	25,5	25,2	21,4	16,2	11,6	6,7	15,0

Λιβαδειά	9,8	10,5	12,0	16,0	21,1	25,2	27,2	27,4	23,9	19,5	16,0	12,0	18,4
Μεσολόγγι	10,4	10,5	12,1	15,3	19,1	22,4	24,4	25,0	22,7	18,9	15,5	12,2	17,9
Μυτιλήνη	9,5	10,2	11,5	15,4	19,6	23,9	26,0	25,9	22,7	18,4	13,3	12,0	17,6
Νάουσα	3,5	5,3	8,1	13,3	18,1	22,0	24,4	24,6	19,8	14,5	10,2	5,5	14,1
Ξάνθη	5,2	6,4	8,2	12,8	17,6	21,5	24,3	24,1	20,2	15,4	11,7	7,3	14,6
Ορεσιτιάδα	2,7	5,1	7,7	13,3	18,3	22,2	24,4	24,9	20,1	14,9	10,8	5,3	14,1
Πάτρα	10,4	10,5	12,1	15,3	19,1	22,4	24,4	25,0	22,7	18,9	15,5	12,2	17,9
Πρέβεζα	10,4	10,5	12,1	15,3	19,1	22,4	24,4	25,0	22,7	18,9	15,5	12,2	17,9
Πύργος	10,5	10,7	12,3	15,0	18,9	22,5	24,8	25,5	22,9	19,2	15,6	11,9	17,5
Ρόδος	11,4	11,7	13,0	16,0	20,0	24,2	26,5	27,0	24,1	20,1	16,6	13,3	18,7
Σέρρες	3,7	6,0	9,0	13,9	16,9	22,8	24,9	25,0	20,9	15,6	10,7	5,6	14,8
Σπάρτη	9,0	10,0	12,1	15,9	20,3	25,4	28,2	28,2	25,2	18,4	14,5	10,7	18,2
Τρίκαλα	5,4	7,7	9,8	14,9	19,6	24,2	26,3	26,8	22,1	16,8	12,4	7,1	16,1
Τρίπολη	5,2	6,0	7,7	11,2	15,6	19,8	22,1	22,4	19,2	14,4	11,1	7,3	13,5
Φλώρινα	0,4	7,6	8,0	11,0	15,8	19,2	21,2	21,2	18,0	12,8	8,6	2,4	11,7
Χαλκίδα	9,8	10,5	12,0	16,0	21,1	25,2	27,2	27,4	23,9	19,5	16,0	12,0	18,4
Χανιά	12,2	12,7	13,8	16,5	20,2	24,0	25,9	25,0	23,9	19,8	17,3	14,2	18,8
Χίος	10,3	10,6	11,8	15,6	20,1	24,4	26,8	26,6	23,3	19,1	16,1	12,3	18,1

Πίνακας 13. Γεωγραφικό πλάτος διαφόρων πόλεων της Ελλάδας. Η Ελλάδα βρίσκεται μεταξύ των παραλλήλων $41^{\circ}45'$ και $34^{\circ}48'$ Β.

Αργίριο	$38^{\circ}37'$	Καρδίτσα	$39^{\circ}22'$	Ορεσιτιάδα	$41^{\circ}30'$
Αθήνα	$37^{\circ}58'$	Καστοριά	$40^{\circ}30'$	Πάτρα	$38^{\circ}15'$
Αλεξ/πολη	$40^{\circ}51'$	Κατερίνη	$40^{\circ}15'$	Πρέβεζα	$38^{\circ}58'$
Άμφισσα	$38^{\circ}31'$	Κέρκυρα	$39^{\circ}37'$	Πύργος	$37^{\circ}40'$
Άρτα	$39^{\circ}10'$	Κιλκίς	$41^{\circ}00'$	Ρόδος	$36^{\circ}23'$

Βέροια	40° 30 '	Κοζάνη	40° 18 '	Σέρρες	41° 05 '
Βόλος	39° 22 '	Κομοτηνή	41° 07 '	Σπάρτη	37° 04 '
Δράμα	41° 09 '	Κόρινθος	37° 56 '	Τρίκαλα	39° 33 '
Έδεσσα	40° 48 '	Λαμία	38° 54 '	Τρίπολη	37° 31 '
Ηράκλειο	35° 20 '	Λάρισα	39° 38 '	Φλώρινα	40° 48 '
Θεσ/νίκη	40° 45 '	Λιβαδειά	38° 28 '	Χαλκίδα	38° 28 '
Θήβα	38° 20 '	Μεσολόγγι	38° 22 '	Χανιά	35° 30 '
Ιωάννινα	39° 40 '	Μυτιλήνη	39° 06 '	Χίος	38° 22 '
Καβάλα	40° 56 '	Νάουσα	40° 38 '		
Καλαμάτα	37° 00 '	Ξάνθη	41° 07 '		

Πίνακας 14. Μηνιαίο ποσοστό διάρκειας των ωρών ημέρας σε εκατοστά του συνόλου των ωρών ημέρας του έτους για γεωγραφικά πλάτη 34° ~ 42° βόρειου ημισφαιρίου (Συντελεστής P).

Γεωγρ. Πλατ	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρι	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπτ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Σύνολο
34°	7,10	6,91	8,36	8,80	9,71	9,70	9,88	9,33	8,36	7,90	7,02	6,92	100
35°	7,05	6,88	8,35	8,82	9,76	9,77	,93	9,37	8,36	7,88	6,97	6,86	100
36°	6,99	6,86	8,35	8,85	9,81	9,83	9,99	9,40	8,36	7,85	6,92	6,79	100
37°	6,93	6,83	8,34	8,87	9,87	9,89	10,05	9,44	8,37	7,82	6,87	6,72	100
38°	6,78	6,79	8,34	8,90	9,92	9,95	10,10	9,47	8,38	7,80	6,82	6,66	100
39°	6,82	6,76	8,33	8,93	9,97	10,02	10,16	9, 51	8,38	7,77	6,77	6,48	100
40°	6,76	6,72	8,33	8,95	10,02	10,08	10,22	9,54	8,38	7,75	6,72	6,52	100
41°	6,69	6,69	8,32	8,98	10,08	10,15	10,29	9,56	8,39	7,73	6,67	6,45	100
42°	6,62	6,65	8,31	8,00	10,14	10,21	10,35	9,62	8,40	7,70	6,62	6,38	100

Πίνακας 15. Μέση πραγματική μηνιαία και ετήσια ηλιοφάνεια σε ώρες Συντελεστής η, μ).

Πόλη	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Έτος
Αθήνα	123,2	138,9	180,4	232,5	302,8	334,6	372,7	356,6	276,5	210,9	161,8	127,2	2818
Αλιάρτος	85,9	108,5	158,5	212	286,1	317,3	337,1	379,1	246,3	170,8	127,7	96,6	2526
Άραξος	128,5	131,8	185,8	221,9	283,1	298,1	343,6	338,9	271,3	207,7	154,6	120,8	2686
Αργοστόλι	138,9	133,3	183,5	206,9	303,4	340,6	367,4	347	269,4	203,5	153,2	119,8	2166
Άρτα	144,5	128,0	182,9	192,8	276,9	307,7	349,2	336,6	259,1	203,8	150,2	127,4	2658
Ηράκλειο	108,8	128,4	170,3	234,5	314,3	353,3	384,7	356,7	285,2	197,2	161,5	121,1	2816
Θες/νίκη	106,3	120,7	152,6	209,4	268,9	292,8	342,4	306,1	238,5	171,1	119,8	100,5	2429
Ιεράπετρα	157,3	161,5	213,9	243,8	303,2	359,2	386,0	369,8	301,6	239,0	202,1	164,5	3108
Ιωάννινα	93,8	97,6	145,6	177,2	244,2	269,1	319,8	299,0	222,6	179,4	117,0	86,7	2252
Καλαμάτα	148,9	142,5	193,5	193,2	307,9	344,4	366,3	344,2	272,0	209,7	176,1	122,4	2821
Κέρκυρα	120,4	119,4	168,0	211,9	277,9	329,6	371,7	340,5	257,6	198,6	134,6	111,8	2642
Κομοτηνή	113,4	111,1	142,9	191,7	247,5	287,4	316,5	303,7	237,4	186,1	124	110	2372
Κόνιτσα	117,2	105,1	160,9	163,3	242,1	263,4	311,6	299	219,7	173,4	135,9	123,2	2315
Κόρινθος	109,1	124,4	179,6	210,5	292,4	321,9	344,4	335,4	263,0	199,3	157,4	123,7	2661
Κύθηρα	146,1	138,9	184,7	215,2	299,9	350,4	364,7	345,1	277,5	212,7	164,5	131,1	2831
Λαμία	103,9	105,6	169,9	209,6	280,9	320,8	336,3	321,4	241,8	175,0	143,1	124	2531
Λάρισα	89,4	109,7	159,1	213,1	279,8	300,2	333,1	322,5	243,6	176,0	140,6	95,9	2463
Λήμνος	82,0	110,7	162,1	211,7	294,4	326,7	344,7	338,4	264,9	197,8	127,6	94,6	2566
Μεθώνη	121,3	129,3	183,9	199,7	230,8	326,1	354,1	331,6	264,9	210,9	164,6	119,8	2697
Μήλος	93,7	87,6	166,5	260,3	327,0	389,2	424,0	399,4	320,6	195,4	161,9	95,8	2921
Μυτιλήνη	102,8	116,0	161,3	213,3	305,1	343,8	382,7	357,1	284,6	207,0	146,7	111,2	2732
Νάξος	101,3	118,3	167,5	215,5	285,8	319,5	340,8	327,4	273,8	206,3	156,0	117,8	2630
Πάρος	111,3	134,8	183,1	236,9	319,5	359,8	377,7	349,8	282,4	212,0	153,5	119,9	2841
Πάτρα	104,8	117,4	190,5	186	272,4	323,1	334,1	313,5	254,2	193,8	132,2	117,1	2539
Πύργος	148,1	137,0	199,3	207,1	305,8	338,5	364,8	345,4	275,2	215,4	176,5	146,5	2851

Ρέθυμνο	110,8	132,3	157,0	218,0	309,0	335,0	373,1	350,2	263,7	166,1	165,8	112,9	2694
Ρόδος	135,7	142,0	206	246,7	314,5	355,5	387,1	373,3	313,3	239,6	184,4	142,1	3041
Σάμος	129,3	139,2	182,9	224,6	299,3	348,7	377,6	356,3	300,5	230,6	168,4	122,4	2880
Σέρρες	101,5	108,0	157,8	198,8	260,2	293	321,3	307,9	235,5	172,6	128,0	110,9	2396
Σητεία	112,6	129,2	182,5	229,2	309,3	348,8	376,3	348,4	282,6	200,3	166,1	118,7	2806
Σκύρος	77,0	100,8	140,8	214,0	300,0	337,9	363,6	341,5	260,6	180,8	124,1	92,5	2534
Σούδα	112,7	131,1	177,2	229,5	313,1	335,8	371,9	365,6	284,3	187,2	161,5	120,7	2791
Σύρος	110,6	142,0	175,4	248,8	321,6	342	387,3	361,5	289,7	230,7	157,3	127,8	2895
Τυμπάκι	146,4	152,3	218,4	234,8	304,5	351,7	376,7	374,2	296,4	235,7	186,9	150,7	3029
Χανιά	111,7	128,9	174,4	228,5	314,2	357,8	331,7	368,4	276,3	183,8	157,7	115,4	2809
Χίος	107,7	119,8	176,3	225,4	318,6	353,3	391,3	367,3	293,8	222,5	153,5	118,7	2854

Πίνακας 16. Συντελεστής **b**, που παίρνεται ως συνάρτηση του RH_{\min} , του n/N και του $u_2 = u_d$.

n/N	Ελάχιστη σχετική υγρασία, RH_{\min} , του αέρα (%)					
	0	20	40	60	80	100
Ταχύτητα ανέμου $u_2 = 0$ m/sec						
0,0	0,84	0,80	0,74	0,64	0,52	0,38
0,2	1,03	0,95	0,87	0,76	0,63	0,48
0,4	1,22	1,10	1,01	0,88	0,74	0,57
0,6	1,38	1,24	1,13	0,99	0,85	0,66
0,8	1,54	1,37	1,25	1,09	0,94	0,75
1,0	1,68	1,50	1,36	1,18	1,04	0,84
Ταχύτητα ανέμου $u_2 = 2$ m/sec						
0,0	0,97	0,90	0,81	0,68	0,54	0,40
0,2	1,19	1,08	0,96	0,84	0,66	0,50
0,4	1,41	1,26	1,11	0,97	0,77	0,60

0,6	1,60	1,42	1,25	1,09	0,89	0,70
0,8	1,79	1,59	1,39	1,21	1,01	0,79
1,0	1,98	1,74	1,52	1,31	1,11	0,89
Ταχύτητα ανέμου $u_2 = 4$ m/sec						
0,0	1,08	0,98	0,87	0,72	0,56	0,42
0,2	1,33	1,18	1,03	0,87	0,69	0,52
0,4	1,56	1,38	1,19	1,02	0,82	0,62
0,6	1,78	1,56	1,34	1,15	0,94	0,73
0,8	2,00	1,74	1,50	1,28	1,05	0,83
1,0	2,19	1,90	1,64	1,39	1,16	0,92
Ταχύτητα ανέμου $u_2 = 6$ m/sec						
0,0	1,18	1,06	0,92	0,74	0,58	0,43
0,2	1,44	1,27	1,10	0,91	0,72	0,54
0,4	1,70	1,48	1,27	1,06	0,85	0,64
0,6	1,94	1,67	1,44	1,21	0,97	0,75
0,8	2,18	1,86	1,59	1,34	1,09	0,85
1,0	2,39	2,03	1,74	1,46	1,20	0,95

Ταχύτητα ανέμου $u_2 = 8 \text{ m/sec}$						
0,0	1,26	1,06	0,96	0,76	0,60	0,44
0,2	1,52	1,34	1,14	0,93	0,74	0,55
0,4	1,79	1,56	1,32	1,10	0,87	0,66
0,6	2,05	1,76	1,49	1,25	1,00	0,77
0,8	2,30	1,96	1,66	1,39	1,12	0,87
1,0	2,54	2,14	1,82	1,52	1,24	0,98
Ταχύτητα ανέμου $u_2 = 10 \text{ m/sec}$						
0,0	1,29	1,15	0,98	0,78	0,61	0,45
0,2	1,58	1,38	1,17	0,96	0,75	0,56
0,4	1,86	1,61	1,36	1,13	0,89	0,68
0,6	2,13	1,83	1,54	1,28	1,03	0,79
0,8	2,39	2,03	1,71	1,43	1,15	0,89
1,0	2,63	2,22	1,86	1,56	1,27	1,00

β.2. Η απλοποιημένη μέθοδος των Blaney - Criddle

Με την απλοποιημένη μέθοδο των Blaney - Criddle υπολογίζεται η **μηνιαία εξατμισοδιαπνοή** από τη σχέση:

$$ET = K \cdot (8,13 + 0,46 \cdot T) \cdot P$$

όπου: ET = μηνιαία δυναμική εξατμισοδιαπνοή σε mm

K = φυτικός συντελεστής που παίρνεται από τον πίνακα 17.

P = ποσοστό διάρκειας των ωρών ημέρας, που εκφράζεται σε εκατοστά των ωρών ημέρας του έτους, το οποίο παίρνεται από τον πίνακα 14.

T = η μέση θερμοκρασία του μήνα σε $^{\circ}\text{C}$ που παίρνεται από τον πίνακα 12.

Πίνακας 17. Εμπειρικός συντελεστής K για τον υπολογισμό της υδατοκατανάλωσης κατά τη μέθοδο Blaney - Criddle.

Καλλιέργεια	Βλαστική περίοδος	Φυτικός συντελεστής υδατοκατανάλωσης	
		Περίοδος ανάπτυξης των φυτών	Μέσος όρος περιόδου K
Αμπέλι	-----	-----	0,73
Αραβόσιτος	4 μήνες	0,75 - 0,85	0,75
Βαμβάκι	7 μήνες	0,60 - 0,65	0,62
Εσπεριδοειδή	μεταξύ παγετών	0,50 - 0,65	0,56
Ζαχαρότευτλα	6 μήνες	0,65 - 0,75	0,70
Θερμοκήπια	7 μήνες	----	1,00
Καρότα	3 μήνες	-----	0,59
Λειμώνες ψυχανθών	μεταξύ παγετών	0,80 - 0,85	0,80
Μηδική	μεταξύ παγετών	0,80 - 0,85	0,81
Μπιζέλια	3 μήνες	----	0,53
Οπωροφόρα	μεταξύ παγετών	0,50 - 0,75	0,65
Πατάτες	3 μήνες	0,65 - 0,75	0,67
Πεπονοειδή	3 μήνες	----	0,74
Ρύζι	4 - 5 μήνες	1,00 - 1,20	1,11
Σόργο	-----	----	0,59
Σιτηρά (εαρινά)	3 - 4 μήνες	----	0,68
Ντομάτες	4 μήνες	----	0,70
Φασόλια	3 μήνες	----	0,65
Φράουλες	4 μήνες	----	0,66

5.6. Η ενεργός βροχόπτωση

Στις περισσότερες περιοχές του κόσμου η βροχόπτωση αποτελεί ένα πολύ σημαντικό παράγοντα για την κάλυψη των αναγκών σε νερό των καλλιεργειών. Η ενεργός βροχόπτωση είναι το μέρος

εκείνο της βροχόπτωσης που εισχωρεί στο ριζόστρωμα και χρησιμοποιείται από τις καλλιέργειες για την ανάπτυξή τους.

Η ενεργός βροχόπτωση εξαρτάται από ένα πλήθος παραγόντων, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι το ύψος και η ένταση βροχόπτωσης, η αποθηκευτικότητα του ριζοστρώματος της καλλιέργειας, η κατάσταση της επιφάνειας του εδάφους (ξηρό έδαφος, φύλλωμα δένδρων), η διηθητικότητα του εδάφους, το έλλειμμα υγρασίας πριν τη βροχόπτωση που καθορίζεται από το καθεστώς της υγρασίας (αρδευόμενες περιοχές), η εξάτμιση.

Επειδή η βροχόπτωση διαφέρει από έτος σε έτος, η πρόβλεψή της θα πρέπει να συνδυάζεται με την πιθανότητα εμφάνισής της.

Στις μελέτες των αρδευτικών έργων το ύψος βροχόπτωσης, που λαμβάνεται υπόψη, είναι αυτό που έχει συχνότητα εμφάνισης, ή υπερβάσης 80 ή 75%. Δηλαδή κατά μέσο όρο, προκειμένου για πιθανότητα υπερβάσης 75 %, σε 3 από τα 4 έτη εμφανίζεται το ύψος αυτό βροχόπτωσης ή μεγαλύτερο.

Αν η ανάλυση αναφέρεται στον κρίσιμο μήνα, από πλευράς αναγκών, και οι καλλιέργειες είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες στην έλλειψη νερού σ' αυτό το διάστημα, πρέπει να εκλέγεται ακόμα μεγαλύτερη τιμή πιθανότητας υπερβάσης.

Για την εύρεση του ύψους βροχόπτωσης που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της ενεργού βροχόπτωσης είναι καλύτερα να γίνεται ανάλυση συχνότητας με τη χρησιμοποίηση παρατηρήσεων πολλών ετών.

Σύμφωνα με ένα εμπειρικό τύπο το ύψος ενεργού βροχόπτωσης υπολογίζεται από τη σχέση:

$$R = \max \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ B - \left[c + \frac{B}{8} \right] \end{array} \right.$$

όπου: B = το συνολικό μηνιαίο ύψος βροχόπτωσης και $B \geq 7 \text{ mm}$

c = είναι εμπειρική σταθερά, που παίρνει τιμές από 10 μέχρι 20.

$c = 10$ προτείνεται για πεδινές περιοχές κοντά στη θάλασσα.

$c = 20$ προτείνεται για ηπειρωτικές επικλινείς περιοχές.

Από την υπηρεσία U.S. Bureau of Reclamation (Stamm, 1967) προτάθηκε η μέθοδος που φαίνεται στον πίνακα 17 και αναφέρεται σε μηνιαίες τιμές. Η μέθοδος είναι κατάλληλη για περιοχές ξηρού και ημίξηρου κλίματος.

Σύμφωνα με τον Stamm η μέθοδος πρέπει να εφαρμόζεται στα 5 πιο ξηρά διαδοχικά έτη.

Πίνακας 18. Υπολογισμός της μηνιαίας ενεργού βροχόπτωσης (Μέθοδος U.S. Bureau of Reclamation).

Μηνιαία βροχόπτωση (κατά κλάσεις) mm	Ποσοστό ενεργού βροχόπτωσης (κατά κλάσεις) %	Μηνιαία βροχόπτωση (κατά κλάσεις) mm	Ποσοστό ενεργού βροχόπτωσης (κατά κλάσεις) %
0,0 - 25,4	90 - 100	101,6 - 127,0	30 - 60
25,4 - 50,8	85 - 95	127,0 - 152,4	10 - 40
50,8 - 76,2	75 - 90	> 152,4	0 - 10
76,2 - 101,6	50 - 80		

Δηλαδή η ενεργός βροχόπτωση ενός μήνα με συνολικό ύψος βροχής 76,2 mm βρίσκεται σύμφωνα με τα μέσα ποσοστά του πίνακα 17 ως εξής:

$$R = 25,4 \cdot 0,95 + (50,8 - 25,4) \cdot 0,90 + (76,2 - 50,8) \cdot 0,825 = 67,95 \text{ mm.}$$

5.7. Η εισροή από την υπόγεια στάθμη

Συχνά σημαντική είναι και η συμβολή της υπόγειας στάθμης στο υδατικό ισοζύγιο στη ζώνη του ριζοστρώματος.

Η συμβολή αυτή είναι δύσκολο να εκτιμηθεί και γι' αυτό πολλές φορές δεν λαμβάνεται υπόψη κατά την εκτίμηση των αναγκών σε αρδευτικό.

Γενικά η εισροή εξαρτάται από το βάθος της υπόγειας στάθμης κάτω από το ριζόστρωμα, από τις ιδιότητες του εδάφους και από την περιεκτικότητα του εδάφους του ριζοστρώματος σε νερό.

5.8. Οι καθαρές ανάγκες των φυτών σε νερό (Το ημερήσιο υδατικό έλλειμμα)

Από όσα έχουν εκτεθεί πιο πάνω βγαίνει το συμπέρασμα ότι το ημερήσιο υδατικό έλλειμμα, δηλαδή οι ημερήσιες καθαρές ανάγκες των φυτών σε νερό υπολογίζονται από τη σχέση:

$$E_D = ET_c - R: \mu$$

εφόσον για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής χρησιμοποιείται η μέθοδος του Penman, ή η τροποποιημένη μέθοδος των Blaney - Criddle, ή από τη σχέση:

$$E_D = (ET - R): \mu$$

εφόσον για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής χρησιμοποιείται η απλοποιημένη μέθοδος των Blaney - Criddle.

Στις παραπάνω σχέσεις είναι:

E_D = οι καθαρές ημερήσιες ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό σε mm, ή m^3 / στρέμμα.

ET_c, ET = εξατμισοδιαπνοή (ημερήσια ή μηνιαία, αντίστοιχα) σε mm ή m³/ στρέμμα.

R = ενεργός βροχόπτωση σε mm ή m³/ στρέμμα / μήνα.

μ = ο αριθμός των ημερών του μήνα.

5.9. Η θεωρητική ειδική παροχή αρδεύσεως

Η **θεωρητική ειδική παροχή αρδεύσεως** είναι η ποσότητα νερού, η απαραίτητη για την άρδευση της μονάδας επιφάνειας στη μονάδα του χρόνου για συνεχή 24ωρη λειτουργία του δικτύου και υπολογίζεται από τη σχέση

$$q_0 = \frac{E_D}{86,40} \left[\frac{\text{lit}}{\text{sec} \cdot \text{στρέμμα}} \right]$$

όπου: E_D είναι το ημερήσιο υδατικό έλλειμμα των καλλιεργειών σε mm/day.

ET_c είναι η δυναμική εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας τον κρίσιμο μήνα

σε mm/day.

R είναι η ενεργός βροχόπτωση τον κρίσιμο μήνα σε mm/μήνα και

μ είναι ο αριθμός ημερών του κρίσιμου μήνα

5.10. Η απόδοση χρονικής χρησιμοποίησης του δικτύου

Η τιμή του συντελεστή r δίνεται από τη σχέση $r = \frac{T'}{T}$, όπου το T' είναι η πραγματική διάρκεια αρδεύσεως μέσα σε μία μέρα και T είναι η πραγματική διάρκεια της ημέρας δηλαδή $T = 24$ ώρες. Συνήθως γίνεται δεκτή μέση διάρκεια αρδεύσεως $T' = 16$ ή 18 ώρες. Δεν πρέπει όμως να αποκλείεται η παραδοχή μεγαλύτερου αριθμού ωρών. Αντίθετα πρέπει να ερευνείται ποιά είναι η σωστή διάρκεια για την μέθοδο αρδεύσεως που επιλέχτηκε, διότι η διάρκεια αυτή σχετίζεται με το μέγεθος των απαιτούμενων επενδύσεων κατασκευής των έργων. Ο R. Clement υποθέτει ότι το r οφείλει να είναι πολύ κοντά στη μονάδα διότι οι καλλιεργητές, που έχουν εξοικειωθεί στην άρδευση με καταιονισμό, έχουν την τάση να καλλιεργούν σ' οποιαδήποτε ώρα της μέρας και έτσι με την πάροδο του χρόνου το r αυξάνεται και τείνει προς τη μονάδα.

5.11. Βαθμός ελευθερίας των αρδεύσεων

Η παροχή των υδροστομιών είναι συνάρτηση των συνολικών μηνιαίων αναγκών των καλλιεργειών σε νερό, του βαθμού απόδοσης του αρδευτικού δικτύου και του χρόνου της άρδευσης τόσο κατά τη διάρκεια του 24ωρου όσο και κατά τη διάρκεια του μήνα. Για τον υπολογισμό της παίρνονται υπόψη οι ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό το μήνα αιχμής. Εφόσον

το δίκτυο θα υπολογιστεί με τις ανάγκες του κρίσιμου μήνα, άνετα θα μπορεί να ανταποκρίνεται στις ανάγκες των άλλων μηνών, που είναι μικρότερες.

Η παροχή του κάθε υδροστομίου υπολογίζεται από τη σχέση $d = \frac{f \cdot q_0}{r} \cdot A$

όπου: d είναι η παροχή του υδροστομίου σε lit/sec

f είναι ο βαθμός ελευθερίας των αρδεύσεων

r είναι η απόδοση χρησιμοποίησης του δικτύου

q_0 είναι η θεωρητική ειδική παροχή αρδεύσεως κατά το μήνα αιχμής σε lit/sec/στρέμμα

A είναι η αρδευόμενη επιφάνεια από το υδροστόμιο σε στρέμματα

Ο βαθμός ελευθερίας των αρδεύσεων, f , είναι ο λόγος της παροχής d του υδροστομίου προς τη συνεχή παροχή αρδεύσεως του υδροστομίου $d_0 = \frac{q_0}{r} \cdot A$, ήτοι $f = \frac{d}{d_0}$.

Σύμφωνα με τον Clément πρέπει να επιλέγεται $3,33 < f < 5,00$.

ενώ σύμφωνα με τον Bonnal:

- για μεγάλα αγροτεμάχια πρέπει να παίρνεται $f \approx 1,33$. Η τιμή αυτή είναι παραδεκτή από την Compagnie du Bas - Rhone Languedoc για ιδιοκτησίες μεγαλύτερες από 15 ha.
- για μικρά αγροτεμάχια πρέπει να παίρνεται $f \approx 2,40 \div 3,00$

Τελικά η ελευθερία, που έχει ο κάθε καλλιεργητής, είναι εντελώς υποκειμενική έννοια και πρέπει να προσδιορίζεται έπειτα από προσεκτική εξέταση των παρακάτω διαφόρων παραγόντων, που περιορίζουν ή και αυξάνουν την ελευθερία σε κάθε ειδική περίπτωση:

α. Τη διάταξη των αγροτεμαχίων, η μορφή, τα εδαφολογικά χαρακτηριστικά, η μέση επιφάνεια και η απόσταση αυτών.

β. Τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιείται το φορητό υλικό (συλλογικός ή ατομικός).

γ. Τις εφαρμοζόμενες καλλιέργειες.

δ. Τα διαθέσιμα εργατικά χέρια.

ε. Το απόθεμα του υλικού αρδεύσεως.

στ. Το επίπεδο και τον τρόπο ζωής των καλλιεργητών κ.λπ.

5.12. Υπολογισμός της παροχής του δικτύου

Η παροχή του δικτύου είναι συνάρτηση των συνολικών μηνιαίων αναγκών των καλλιεργειών σε νερό, του βαθμού απόδοσης του αρδευτικού δικτύου και του χρόνου της άρδευσης τόσο κατά τη διάρκεια του 24ωρου όσο και κατά τη διάρκεια του μήνα.

Για τον υπολογισμό της παροχής του δικτύου παίρνονται υπόψη οι ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό (μήνας αιχμής). Αφού το δίκτυο θα υπολογιστεί με τις ανάγκες του κρίσιμου μήνα, ασφαλώς θα ανταποκρίνεται και στις ανάγκες των άλλων μηνών, που είναι μικρότερες.

Εξαίρεση μπορεί να αποτελέσει η περίπτωση κατά την οποία η παροχή των πηγών δεν είναι σταθερή, οπότε μπορεί να υπάρξει άλλος κρίσιμος μήνας της άρδευσης, από σοβαρή μείωση της παροχής της πηγής, που μπορεί να είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη μείωση των αναγκών των καλλιεργειών σε νερό. Για το λόγο αυτό ο μελετητής θα πρέπει να ερευνήσει ολόκληρη την αρδευτική περίοδο με συσχέτιση μηνιαίων παροχών και μηνιαίων καταναλωτικών αναγκών.

Για το βαθμό απόδοσης του αρδευτικού δικτύου, ο μελετητής είναι υποχρεωμένος να πάρει υπόψη του και τη γεωργοτεχνική κατάρτιση του καλλιεργητή.

Σχετικά με το χρόνο της πραγματικής λειτουργίας της άρδευσης θα πρέπει να γίνει εδώ διάκριση ανάμεσα στην άρδευση με μεμονωμένα συγκροτήματα και την άρδευση, σε συλλογικά αρδευτικά δίκτυα.

Στα μεμονωμένα συγκροτήματα, που συνήθως εξυπηρετούν ένα παραγωγό, θα εξεταστεί ο βαθμός ελευθερίας του παραγωγού και ο μελετητής θα πάρει πληροφορίες από τον ίδιο τον ενδιαφερόμενο τόσο για το διαθέσιμο χρόνο για την άρδευση όσο και για το είδος των καλλιεργειών που πρέπει να αρδευτούν.

Στα συλλογικά όμως αρδευτικά δίκτυα λόγω της διασποράς των καλλιεργειών και των ζητήσεων για άρδευση, ο μελετητής είναι υποχρεωμένος να ερευνήσει το θέμα των μελλοντικών καλλιεργειών, από τους στόχους του μακροχρόνιου προγραμματισμού της γεωργικής παραγωγής, και να καθορίσει ο ίδιος τη μελλοντική κατανομή των καλλιεργειών.

5.13. Η δόση άρδευσης

Η δόση άρδευσης, δηλαδή η ποσότητα του νερού που θα χορηγηθεί στο έδαφος, εξαρτάται από το βάθος μέχρι το οποίο πρέπει να αρδευτεί, την ικανότητα που έχει το έδαφος να συγκρατεί το ωφέλιμο για τα φυτά νερό, το σημείο μέχρι το οποίο θα επιτραπεί η εξάντληση του νερού από τα φυτά πριν από κάθε άρδευση και το ποσοστό της επιφάνειας ή του όγκου που πρέπει να υγρανθεί.

Η ποσότητα του νερού στην άρδευση διακρίνεται σ' εκείνη που απαιτείται για την κάλυψη των αναγκών του φυτού και ονομάζεται καθαρή δόση άρδευσης και σ' εκείνη που εφαρμόζεται κατά την άρδευση και ονομάζεται δόση εφαρμογής.

Η καθαρή δόση άρδευσης υπολογίζεται από τη σχέση:

$$d_a = \Delta Y_\beta \cdot E_{\varphi\sigma\chi} \cdot d_e \cdot c$$

όπου: d_a = η δόση άρδευσης σε mm στήλης νερού, ή m^3 το στρέμμα.

ΔY_β = η διαθέσιμη υγρασία του εδάφους εκφρασμένη στα εκατό ξηρού βάρους εδάφους.
Η διαθέσιμη υγρασία ισούται με την υδατοϊκανότητα μείον το σημείο μάρανσης του εδάφους.

$E_{\text{φοχ}}$ = το σχετικό φαινόμενο ειδικό βάρος του εδάφους το οποίο προκύπτει από τον πίνακα 19

d_e = το βάθος του ενεργού ριζοστρώματος σε mm το οποίο παίρνεται από τον πίνακα 1.

c = συντελεστής εξάντλησης της διαθέσιμης υγρασίας ο οποίος παίρνεται από τον πίνακα 20.

Πίνακας 19. Τιμές του φαινόμενου βάρους, της υδατοϊκανότητας και του σημείου μάρανσης για χαρακτηριστικές κατηγορίες εδαφών.

Μηχανική σύσταση εδάφους	Φαινόμενο Βάρος KN/m ³	Υδατοϊκανότητα %	Σημείο μάρανσης %	Τελική ταχύτητα διήθησης, i_f (mm/h)
Αμμώδες	16,19	6	4	50
Αμμώδης πηλός	14,72	14	6	25
Πηλός	13,73	22	10	13
Αργιλοπηλός	13,24	27	13	8
Ίλυσπηλός	12,75	31	15	2,5
Άργιλος	12,26	35	17	5

Πίνακας 20. Επιτρεπόμενη εξάντληση του νερού στο ριζόστρωμα, μεταξύ δύο διαδοχικών αρδεύσεων, για την απόκτηση της μέγιστης παραγωγής.

Καλλιέργεια	Μείωση της διαθέσιμης υγρασίας (%)	Καλλιέργεια	Μείωση της διαθέσιμης υγρασίας (%)
Αλφάλφα	30 - 50	Ζαχαρότευτλα	30 - 60
Φασόλια	50 - 70	Σόργο	50 - 70
Καλαμπόκι	40 - 60	Σόγια	50 - 60
Βαμβάκι	50 - 65	Σιτάρι	50 - 70
Φυλλοβόλα δέντρα	50 - 70	Λαχανικά	25 - 50
Πατάτες	25 - 50		

Η δόση εφαρμογής, εξαρτάται από το επιθυμητό βάθος ύγρανσης, τη διαθέσιμη υγρασία, από το ποσοστό εξάντλησης της διαθέσιμης υγρασίας και από το ποσοστό της επιφάνειας του εδάφους, που πρέπει να υγραίνεται κατά την άρδευση, και υπολογίζεται από την σχέση:

$$d_v = \frac{d_a}{E_a}$$

όπου: d_a = η δόση άρδευσης σε mm νερού ή m^3 / στρέμμα.

E_a = ο βαθμός απόδοσης, ή η αποδοτικότητα της άρδευσης, που κυμαίνεται συνήθως από 50 % (επιφανειακή άρδευση) έως 95 % (άρδευση με σταγόνες).

5.14. Το εύρος άρδευσης

Το καθαρό ύψος νερού, ή η ποσότητα νερού που είναι στη διάθεση των φυτών με την άρδευση ξοδεύεται ύστερα από έναν αριθμό ημερών και συνεπώς χρειάζεται επανάληψη της άρδευσης.

Η κατανάλωση αυτή δημιουργεί ένα έλλειμμα νερού, το οποίο αναφερόμενο στη διάρκεια της ημέρας, λέγεται ημερήσιο υδατικό έλλειμμα, ή ημερήσια υδατοκατανάλωση.

Το χρονικό διάστημα στο οποίο καταναλώνεται το νερό της άρδευσης λέγεται **εύρος άρδευσης**, **EA**, και προκύπτει αν η δόση άρδευσης διαιρεθεί με το ημερήσιο υδατικό έλλειμμα, E_D , δηλαδή την ημερήσια υδατοκατανάλωση:

$$EA = \frac{d_a}{E_D} = \frac{d_v \cdot E_a}{E_D}$$

Και αν η σχέση αυτή λυθεί ως προς d_a , προκύπτει ότι:

$$d_a = EA \cdot E_D = EA \cdot (ET_c - R/\mu)$$

Επίσης από την τελευταία σχέση προκύπτει ότι:

$$d_v = \frac{EA \cdot (ET_c - R/\mu)}{E_a}$$

όπου: d_a = η δόση άρδευσης σε mm νερού ή m^3 / στρέμμα.

EA = το εύρος άρδευσης σε ημέρες.

E_D = η ημερήσια υδατοκατανάλωση σε mm,

E_a = ο βαθμός απόδοσης, ή αποδοτικότητα της άρδευσης.

Οι παραπάνω σχέσεις ισχύουν εφόσον για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής χρησιμοποιείται η μέθοδος του Penman, ή η τροποποιημένη μέθοδος των Blaney - Criddle.

Αν για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής χρησιμοποιείται η απλοποιημένη μέθοδος των Blaney - Criddle, τότε οι σχέσεις αυτές παίρνουν τη μορφή:

$$d_a = EA \cdot E_D = EA \cdot [(ET - R) : \mu] \text{ και}$$

$$d_v = EA \cdot E_D = \frac{EA \cdot [(ET - R) : \mu]}{E_a}$$

5.15. Η διάρκεια άρδευσης

Με τον όρο διάρκεια της άρδευσης εννοούμε το χρόνο που μεσολαβεί από την έναρξη μέχρι τη λήξη της άρδευσης.

Είναι φανερό ότι η διάρκεια της άρδευσης πρέπει να είναι τέτοια ώστε να χορηγούμε νερό στην επιφάνεια του εδάφους, με ένταση ίση με τη βασική διηθητικότητα. Εάν τηρηθεί αυτός ο όρος, τότε στο έδαφος θα εισχωρήσει περισσότερο νερό και θα συγκρατηθεί από αυτό, με αποτέλεσμα την αποφυγή της επιφανειακής απορροής αλλά και της βαθιάς διήθησης.

Με βάση τα παραπάνω η διάρκεια άρδευσης μπορεί να υπολογίζεται γενικά από τη σχέση:

$$T = \frac{d_a}{i_f} = \frac{EA \cdot [(ET - R) : \mu]}{i_f}$$

ή ακόμα και από τη σχέση:

$$T = \frac{d_a}{i_f} = \frac{EA \cdot [(ET - R) : \mu]}{i_f}$$

ανάλογα με το με ποιά μέθοδο έχει υπολογιστεί η εξατμισοδιαπνοή.

Το i_f είναι η τελική ταχύτητα διηθήσεως του εδάφους, η οποία παίρνεται από τον πίνακα 19.

Ο τρόπος υπολογισμού της διάρκειας άρδευσης, ποικίλλει ανάλογα με το σύστημα άρδευσης, που επιλέχτηκε. Για τις πρακτικές ανάγκες των αρδεύσεων, και όταν έχει επιλεγεί το σύστημα άρδευσης με καταιονισμό ή η άρδευση με σταγόνες, είναι αρκετό να λαμβάνεται υπόψη η τελική ταχύτητα διήθησης, αφού με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζεται η απώλεια νερού λόγω επιφανειακής απορροής ή και βαθιάς διήθησης.

Προτεινόμενη Βιβλιογραφία

1. Μενέλαος Θεοχάρης, "ΑΡΔΕΥΣΕΙΣ", Τ.Ε.Ι. Ηπείρου, Άρτα, 2012.
2. Μενέλαος Θεοχάρης, "Η ΑΡΔΕΥΣΗ ΜΕ ΣΤΑΓΟΝΕΣ", Τ.Ε.Ι. Ηπείρου, Άρτα, 1998.
3. Θεοχάρης Μ.: " Αρδεύσεις - Στραγγίσεις ", Άρτα 1998
4. Θεοχάρης Μ.: " Η Άρδευση με Σταγόνες ", Άρτα 1998
5. Θεοχάρης Μ.: " Αρδεύσεις - Στραγγίσεις , Εργαστηριακές Ασκήσεις", Άρτα 1998
6. Καρακατσούλης Π. : " Αρδεύσεις - Στραγγίσεις και Προστασία των Εδαφών ", Αθήνα 1993.
7. Κωνσταντινίδης Κ. : "Η μέθοδος αρδεύσεως δια καταιονήσεως ", Θεσσαλονίκη - Αθήνα 1975.
8. Μιχελάκης Ν. : "Συστήματα Αυτόματης Άρδευσης - Άρδευση με Σταγόνες"
9. Daugerty - Franzini : "Υδραυλική" Τόμοι I , II, Εκδόσεις Πλαίσιο , Αθήνα.
10. Davis- Sorensen : " Handbook of applied Hydraulics" Third edition McGraw-Hill Book Company, 1969.
11. Ουζούνης Δ. "Θεωρητική και Πρακτική Μέθοδος της Άρδευσης με Σταγόνες" Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη 1997.
12. Τερζίδης Γ. : "Μαθήματα Υδραυλικής " , Τόμοι I ,II , III, Θεσσαλονίκη 1986.
13. Τερζίδης Γ. - Παπαζαφειρίου Ζ. : " Γεωργική Υδραυλική " Εκδόσεις Ζήτη , Θεσσαλονίκη 1997.
14. Τζιμόπουλος Χ. : " Γεωργική Υδραυλική ", Τόμοι I , II, Εκδόσεις Ζήτη , Θεσ-σαλονίκη 1982.
15. Τσακίρης Γ. : "Μαθήματα Εγγειοβελτιωτικών Έργων " , Αθήνα
16. Hansen V. - Israelsen : "Αρδεύσεις. Βασικοί Αρχαί και Μέθοδοι . Μετάφραση από τους Α. Νικολαΐδη και Α. Κοκκινίδη ", Αθήνα 1968.

Σημείωμα Αναφοράς

Θεοχάρης, Μ. (2015). Τεχνολόγων Γεωπόνων. ΤΕΙ Ηπείρου.
Διαθέσιμο από:

<http://eclass.teiep.gr/courses/TEXG108/>

Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά Δημιουργού-Μη Εμπορική Χρήση-Όχι Παράγωγα Έργα 4.0 Διεθνές [1] ή μεταγενέστερη. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, Διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.el>



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Επεξεργασία: Δημήτριος Κατέρης

Άρτα, 2015



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης